



ביעור

תעופה וחלל

מהדורה אלקטרונית



- ה־F-35A הישראלי הראשון נחשף במפעלי לוקהיד מרטין
- מפעל ההרכבה של בואינג למטוסי נוסעים באוורט
- התצוגה האווירית בברלין 2016
- תערוכת הכטב"מים בניו־אורלינס
- מוזיאון התעופה בסיאטל, במדינת וושינגטון בארה"ב

התוכן

חדשות ביעף:

- 3 חיל האוויר מטוס האדיר הראשון נחשף במפעלי לוקהיד מרטין בארה"ב

במפעלי בואינג באוורט:

- 6 מטוסי ה-787 מורכבים מחלקי מבנה המיוצרים במפעלים מרוחקים

תערוכות בעולם:

- 9 התצוגה האווירית בברלין – ILA 2016
16 תערוכת הכטב"מים בניו-אורלינס – Xponential 2016

מוזיאונים לתעופה בעולם:

- 24 מוזיאון התעופה בסיאטל שבמדינת וושינגטון בארה"ב

- 30 ספרים ביעף

בשעה: ה-F-35 אדיר הראשון בטקס הגלילה במפעלי לוקהיד מרטין ב-22 ביוני.
(צילום: יהודה בורוביק, פורט וורת' טקסס)

דבר העורך



בשנים עברו, כשרצו לחשוף מטוס חדש, נהגו לגלול אותו ממוסך ההרכבה הסופית כשהוא נגרר על-ידי טרקטור ולהציגו בפני קהל המוזמנים שישבו על במות ברחבה שלפניהם. זהו מקורו של המונח "טקס גלילה" (rollout), המקובל עד היום. אלא שבשני העשורים האחרונים הטקס מתנהל ברוב המקרים בצורה שונה – המטוס החדש נחבא מאחורי מסך גדול בתוך אולם סגור, ובתום נאומו הברכה מרימים את המסך וחושפים את האטרקציה בפני הקהל המריע. פעולה ממשית של גלילה אין כאן, אבל זה עדיין נקרא טקס גלילה.

הטקסים האלה הם בדרך כלל מרשימים ביותר ומרגשים, עם מופע אור-קולי מושקע ומצעד נואמים רמי מעלה. **לוקהיד מרטין** מצטיינת במיוחד בהפקת אירועי גלילה של מטוסיה החדשים. לפני 12 שנים וחצי זכיתי להשתתף בטקס הגלילה של ה-F-16 **סופה** במפעלי **לוקהיד מרטין** בפורת' וורת', שבמדינת טקסס בדרום ארה"ב. הטקס המרשים והמרגש בנובמבר 2003 בישר את פתיחתו של עידן חדש בחיל האוויר הישראלי, עם תחילת ההצטיידות במטוסי קרב ותקיפה חדישים אלה בעלי כושר נשיאה גדול הרבה יותר מקודמיהם, רדיוס פעולה הרבה יותר ארוך והמערכות המתקדמות ביותר שהיו קיימות אז.

עתה, הוזמנתי שוב על-ידי **לוקהיד מרטין**, והפעם כדי להשתתף בטקס הגלילה של ה-F-35 **אדיר**. גם הטקס הנוכחי בישר פתיחת עידן חדש בחיל האוויר, כאשר קפיצת המדרגה משמעותית יותר. **האדיר** יקפיץ את חיל האוויר מעידן מטוסי הקרב מהדור הרביעי לעידן הדור החמישי. משמעות הקפיצה הזאת היא יכולת לפעול במרחבים אוויריים המוגנים היטב באמצעות מערכות טילי הקרקע-אוויר המתקדמות ביותר בעולם, עם סיכויים גבוהים מאוד להשלמה מוצלחת של המשימה וחזרה בטוחה הביתה. **האדיר** יאפשר ביצוע משימות תקיפה תובעניות ביעדים רחוקים עם הרבה פחות מטוסים ממה שנדרש בעידן מטוסי הקרב מהדור הרביעי. ובנוסף ליכולותיו הקטלניות, **האדיר** הוא מכונה יעילה מאין כמוה לאיסוף מודיעין בנתיב טיסתו, שיכול לסייע לכלי-טיס אחרים (מאוישים ובלתי מאוישים) למלא את משימתם בהצלחה לצדו.

אמת, חיל האוויר הישראלי הזדרז לרכוש את ה-F-35 בגלל צרכים ביטחוניים דחופים, לפני שנסתיים פיתוחו המלא של המטוס המתקדם הזה ובטרם הזהו כל הבעיות והתקלות. בחיל האוויר לא מתרגשים יתר על המידה מהתקלות שהתגלו ב-F-35, אשר זוכות לכותרות מתריעות באמצעי התקשורת. קברניטי החיל, כמו עמיתיהם בארה"ב ובמדינות האחרות שרוכשות את ה-F-35, מבינים שמדובר בעיקר בבעיות תוכנה שניתנות לפתרון בעתיד הקרוב. במנהלת התוכנית מאמינים, שה-F-35 ינשים את כל התקוות שתולים בו, גם אם התהליך יתאחר במקצת ותידרש השקעה קצת יותר גדולה מהמתוכנן.

יהודה בורוביק

ביעף
תעופה וחלל

מהדורה אלקטרונית e136

סיוון תשע"ו – יוני 2016

בחסות
האגודה למדעי התעופה
והחלל בישראל

www.aerospace.org.il

ביעף נוסד בשנת 1972.

מו"ל ועורך אחראי: יהודה בורוביק

עורכי משנה: מאיר פדר

ד"ר נעם הרטוך

דוא"ל: biaf@aerospace.org.il

מחיר המינורי: 117 ש"ח לשנה.

© כל הזכויות שמורות ל"ביעף".

מהדורה אלקטרונית זו מיועדת לשימוש הבלעדי של המנוי אליו נשלח העיתון. העברה, הפצה או העתקה של הקובץ ותוכנו אסורים בהחלט.

BIAF – Israel Aerospace e-Magazine

Publisher & Editor: Yehuda Borovik

E-mail: biaf@aerospace.org.il

Copyright © 2016 BIAF.

All rights reserved.

This electronic version is intended for the sole use of the intended subscriber. Any pass-along distribution, repurposing, or duplication of this file is forbidden.

מטוס האדיר הראשון נחשף במפעלי לוקהיד מרטין בארה"ב



שר הביטחון, אביגדור ליברמן, בתא הטייס של האדיר, מקבל הסברים מרמ"ט חיל האוויר, תא"ל טל קלמן.

ומנהלת העסקים הראשית של לוקהיד מרטין, העלתה על נס את היחסים הפוריים, ארוכי-השנים, בין לוקהיד מרטין למדינת ישראל, שהתבטאו בין היתר באספקת מטוסי ההרקולס וה-F-16 לסוגיהם. בהתייחסה ל-F-35 אמרה: "השם אדיר מתאר במדויק את היכולות הנהדרות של המטוס הזה... כאשר המטוס יימסר לישראל בדצמבר, חיל האוויר הישראלי יהיה הראשון מחוץ לארה"ב שיפעיל מבצעת את ה-F-35. יוצב אז רף מצוינות חדש בתעופה הטקטית, ומטוס הקרב הזה יספק

מטוס ה-F-35A אדיר הראשון עבור חיל האוויר הישראלי נחשף בטקס חגיגי, שנערך במפעלי לוקהיד מרטין בפורט וורת' שבטקסס ב-22 ביוני. בטקס נכחו כ-400 מוזמנים אמריקנים וישראלים, ביניהם השרים אביגדור ליברמן וצחי הנגבי, ראש מטה חיל האוויר, תא"ל טל קלמן וקצינים נוספים מחיל האוויר, נציגי התעשיות הביטחוניות הישראליות שמשתתפות בתוכנית ה-F-35, נציגי הממשל האמריקני ומושל טקסס, וכמובן בכירי לוקהיד מרטין והתעשיות השותפות בתוכנית.

"ה-F-35 גיביר באופן דרמטי את העוצמה הצבאית של צה"ל", אמר אביגדור ליברמן, שר הביטחון. "המטוסים האלה ישפרו את יכולתו של צה"ל להמשיך להגן על מדינת ישראל מהאיומים המתגברים באזור ולשמור על היציבות היחסית והשלווה לאורך גבולותינו. ישראל היא המדינה הראשונה מחוץ לארה"ב שתקבל את המטוסים המבצעים המצוינים האלה. הטכנולוגיה של ה-F-35 מייצגת את גולת הכותרת של העליונות האווירית, ותהיה לה לפיכך תרומה חשובה לחיל האוויר. אספקת המטוסים מדגישה שוב את מחויבותה של ארה"ב לקיום העליונות הצבאית של ישראל ולשמירת ביטחונה. זוהי אבן יסוד נוספת בידידות ארוכת השנים שלנו עם ארה"ב ובשותפות האסטרטגית החזקה".

תא"ל טל קלמן, ראש מטה חיל האוויר, אמר בדברי ברכתו בטקס: "ה-F-35, שייקלט בזרועות פתוחות בחיל האוויר הישראלי בדצמבר הקרוב, ישפר משמעותית את יכולותינו המבצעיות. כלי-הטיס החדש יביא עוצמה חדשה. אין ספק שה-F-35 יהפוך לחלק אינטגרלי במרכיבי ההגנה שלנו ויאפשר לנו להבטיח את ביטחונם של אזרחנו בצורה הטובה ביותר כנגד מבקשי רעתנו וכנגד האיומים המורכבים שיכולים להסלים בכל רגע נתון. אינני חושב שזו הגזמה לומר, כי נוכחות מטוסי האדיר עתידה לשנות את מאזני הכוחות

במזרח התיכון.

"לפני מספר חודשים הייתה לי הזכות לטוס בסימולטור של ה-F-35 כאן בפורט וורת'. כטייס שטס כבר יותר משלושים שנה על מגוון כלי-טיס, תחושתי הייתה כמו להחזיק את העתיד ביד. השילוב הייחודי בין טכנולוגיה פורצת דרך, קטלניות, וממשק אדם-מכונה מדהים, יובילו את העולם לדור החמישי", הוסיף תא"ל קלמן.

מרילין יוסון, יו"ר מועצת המנהלים, הנשיאה

(צילום: בת' סטיל, לוקהיד מרטין)

מטוס ה-F-35A אדיר הראשון עבור חיל האוויר הישראלי (מספר 901) בטקס חשיפתו בפורט וורת', טקסס.





משמאל לימין: מרילין יוסון, יו"ר, נשיאה ומנהלת העסקים הראשית של לוקהיד מרטיין; תא"ל טל קלמן, רמ"ט חיל האוויר; אביגדור ליברמן, שר הביטחון; גרג אבוט, מושל טקסס; דניאל שפירו, שגריר ארה"ב בישראל; אורלנדו קארוולו, סגן נשיא בכיר ומנהל חטיבת האווירונאוטיקה בלוקהיד מרטיין.

AS-1 עד AS-5. מטוס האדיר הראשון (AS-1), שהוצג בטקס, הוא המטוס ה-208 בסדרת הייצור של ה-F-35. ציפוי במעטה חמקנות וצביעתו הסופית הושלמו ב-6 ביוני. המטוס צפוי להתחיל בטיסות ניסוי בחודש אוגוסט הקרוב, ויוטס לארץ בדצמבר על-ידי טייס אמריקני. את מטוס האדיר השני (AS-2) ראינו בבניין הגימור הסופי, כשהוא עובר תהליך כיסוי והסתרה של חלקים שאינם דורשים צביעה

תמיכתו ברכש 17 מטוסי האדיר הנוספים, בתדרוך לעיתונאים הישראלים בפורט וורת': "עמדתי תהיה מאוד ברורה בעד", הוא אמר.

חמישה מטוסים בייצור

בסיום שקיימנו בקו הייצור של מטוסי ה-F-35 בפורט וורת' ב-21 ביוני יכולנו להתרשם ממצבם הנוכחי של חמשת המטוסים הראשונים המיועדים לישראל, שמסומנים

נציגי אלביט מערכות ובניהם היו"ר מיכאל פדרמן (שלישי משמאל) והמנכ"ל בצלאל מכליס (שלישי מימין). במרכז: אורלנדו קארוולו מלוקהיד מרטיין.



הרתעה בעצם נוכחותו. הוא יעזור לישראל להיות משוואה של כוח ויציבות באזור ובעולם, ויתמוך בקיומה הבטוח למשך דורות".

אורלנדו קארוולו, סגן הנשיא הבכיר בלוקהיד מרטיין המנהל את חטיבת האווירונאוטיקה, הדגיש בדבריו בטקס כי "ה-F-35 הוא יותר ממטוס... ה-F-35 הוא אמצעי הרתעה, ואם יקראו לו לפעולה, המטוס ישמש כקו ההגנה הראשון להבטחת הביטחון בעולם. לדברי קארוולו, השותפות התעשייתיות מישראל תרמו לתוכנית ה-F-35 מומחיות בתחומי הייצור וההנדסה, שלא ספק קדמה את החדשנות במטוס. "אנו סומכים על שותפינו הישראלים באספקת רכיבים חיוניים למטוס, כמו הכנפיים החיצוניות והקסדה המהפכנית", אמר.

מִצְ' 33 לִ50 מְטוּסֵי אָדִיר

מדינת ישראל חתמה עד כה על חוזים לרכישת 33 מטוסי F-35A אדיר. שני מטוסי האדיר הראשונים צפויים להגיע לבסיס נבטים בנגב ב-12 בדצמבר השנה; שבעה מטוסים יסופקו בשנת 2017, ובכל אחת מהשנים 2018 עד 2021 יסופקו שישה מטוסים. אחד ממטוסי האדיר האלה ישמש בארץ כמטוס ניסוי לפתיחת מעטפת הטיסה, להתאמת אמצעי חימוש ישראליים ולשילוב מערכות ישראליות. במטוסי האדיר תשולב מערכת לוחמה אלקטרונית ישראלית, והם יותאמו לנשיאת פצצות מונחות SPICE מתוצרת רפאל וחימושים נוספים.

כפי שדיווחנו בגיליון הקודם של "ביעף", מטוסי האדיר ייקלטו תחילה בטיסת נשר הזהב בבסיס נבטים. לטיסת צוותו כבר מפקד בדרגת סגן-אלוף וחמישה טייסי קרב מנוסים בדרגת רב-סרן. "זהו נבחרת החלומות, האנשים הכי טובים בפיקוד ובטיסה", אמר ראש מטה חיל האוויר, תא"ל טל קלמן במפגש עם העיתונאים הישראלים בפורט וורת'. הטייסים האלה יצאו בקרוב לארה"ב ללימוד קרקעי של המטוס, ויתאמו במאמן הטיסה המלא בבסיס חיל האוויר אגלין בפלורידה. הטיסות בארץ צפויות להתחיל כבר למחרת הגעתם של שני המטוסים הראשונים – ב-13 בדצמבר. חיל האוויר מתכנן להשיג יכולת מבצעית ראשונית בדצמבר 2017, כאשר יהיו בידיו תשעה מטוסי אדיר. במועד זה תהיה כבר זמינה גרסת התוכנה 3F למטוסי ה-F-35, שתאפשר תפעול מבצעי מלא של המטוסים עם טילי אוויר-אוויר ופצצות מונחות.

תא"ל קלמן גילה בתדרוך לעיתונאים, כי לאחרונה אישר הרמטכ"ל צורך מבצעי ב-50 מטוסי אדיר. לדבריו, מתקיים שיח עם הדרג המדיני כדי להביא להחלטה בממשלה על רכש 17 המטוסים הנוספים. מועד החתימה על הסכם הרכש הנוסף תלוי בסיכום הדיונים עם הממשל האמריקני על הסכם ההבנות לגבי היקף הסיוע הביטחוני האמריקני לעשר השנים הבאות. אנשי לוקהיד מרטיין הבהירו, כי החברה תוכל להתחיל באספקת המטוסים הנוספים שלוש שנים לאחר חתימת החוזה. תא"ל קלמן ציין, כי היעד ארוך-הטווח של חיל האוויר הוא להצטייד ב-75 מטוסי F-35, שיאפשרו להפעיל בעתיד שלוש טיסות אדיר. שר הביטחון, אביגדור ליברמן, הביע את



י"ר מועצת המנהלים של התע"א, רפי מאור (במרכז), בחברת תא"ל טל קלמן ואורלנדו קארוולוהו.

לפני צביעתו הסופית. זהו המטוס ה-210 בסדרת הייצור. גם הוא צפוי להתחיל בטיסות ניסוי בחודש אוגוסט, ויוטס לארץ בדצמבר יחד עם מטוס האדיר הראשון.

את מטוסי האדיר השלישי והרביעי ראינו בקו הייצור בשלבי הרכבה של חלקי הגוף. AS-3 הוא המטוס ה-230 בסדרת הייצור, ו-AS-4 הוא המטוס ה-234. שניהם יושלמו בשנת 2017.

מטוס האדיר החמישי (AS-5), שהוא המטוס ה-238 בסדרת הייצור, בדיוק נכנס להרכבה התחלתית ביום בו ביקרנו. בנייתו תושלם בשנה הבאה.

בתהליך הארוך של הייצור, הגימור והבדיקות – לאחר שהמטוס החדש נגלל מבניין ההרכבה הסופית הוא עובר למשך כ-20 ימים לבניין הגימור הסופי, שם נעשית עבודה חיצונית יסודית להבטחת חמקניותו, ולאחר מכן צביעה באמצעות כלי רובוטי מיוחד; בתום הצביעה מועבר המטוס למוסך בקו הטיסה, והוא עובר בדיקות מקיפות וסדרה של ניסויי טיסה. כיום, התהליך מהגלילה ועד למסירת המטוס ללקוח נמשך 75 עד 80 ימים. בשנים הבאות, כאשר קצב הייצור יגיע ל-14 מטוסים בחודש, יקוצר התהליך ל-60 ימים בלבד.

ה-F-35 יפתח פער איכותי

"ל-F-35 יש משמעות אסטרטגית, והוא יפתח לנו פער איכותי", אמר תא"ל קלמן, ראש מטה חיל האוויר. "ה-F-35 יהיה רלוונטי בכל החזיתות, בזכות הוורסטיליות שלו. אפשר לבצע איתו משימות עם כמות הרבה יותר קטנה של מטוסים", הוא הוסיף.

תא"ל קלמן הסביר, כי בניגוד למטוסים מהדורות הקודמים, האתגר של הטייס בקוקפיט של ה-F-35 הוא הבנת ניתוח הנתונים שהגיעו וקבלת החלטות. "ה-F-35 מכריע את הקרב הרבה לפני שהוא מגיע לתמרון", הדגיש תא"ל קלמן והוסיף: "שינינו את תהליך ההכשרה של הטייסים לקראת ה-F-35 באמצעות מטוסי האימון לביא".

עסקת הרכש של מטוסי האדיר תכלול ארבעה מאמנים קרקעיים. כ-50% מאימון הטייסים יבוצע במאמנים האלה, ומשמעות

הדבר עלות נמוכה יותר לשמירת כשירותם של הטייסים. "האימון במאמנים לא פחות טוב מהאימון האווירי", קבע תא"ל קלמן. בנוסף, נרכש גם סימולטור לטכנאי התחזוקה – לראשונה בחיל האוויר.

תא"ל קלמן הדגיש, כי מטוסי האדיר יתוחזקו במדינת ישראל, כולל דרג ד', תוך שילוב תעשיות ישראליות שיבצעו חלק מהאחזקה. "אנו חותרים להגיע לעצמאות לוגיסטית. תהיה מעטפת לוגיסטית בבסיס נבטים, אם כי יהיו פריטים שיגיעו דרך לוגיסטיקה עולמית", הוא אמר.

מדינת ישראל התעקשה לקבל יכולות אחזקה של המטוסים, ויש כבר מפת דרכים לביצוע הדבר. "איננו יכולים להרשות לעצמנו לשלוח מטוס שלושה חודשי תחזוקה בחו"ל",

אמר תא"ל קלמן. בהתייחסו לטענות על הבעיות הרבות שנתגלו בתהליך הפיתוח של ה-F-35, הבהיר תא"ל קלמן כי מדובר בעיקר בבעיות תוכנה, שניתן להתגבר עליהן. "בכל מטוסי חיל האוויר יש באגים תוכנתיים. התקלות לא עוצרות את יכולת ביצוע המשימות", הוא אמר.

ראש המטה (השני בסולם הפיקוד על חיל האוויר, אחרי מפקד החיל) הגן על ההחלטה להקדים לרכוש את המטוסים עוד לפני תום הפיתוח ואמר: הסיכויים הרבה יותר גדולים מהסיכונים. כניסה מוקדמת שלנו יוצרת אפשרות להשפיע על התוכנית".

"עם הזמן אני הולך וצובר ביטחון שלמטוס הזה תהיה יכולת מבצעית חסרת תקדים", סיכם ואמר תא"ל קלמן. □

מבט נוסף על מטוס האדיר הראשון בטקס החשיפה.

(כל התמונות בכתבה צולמו על-ידי יהודה בורוביק בפורט וורת', פרט לתמונה התחתונה בעמוד 3).



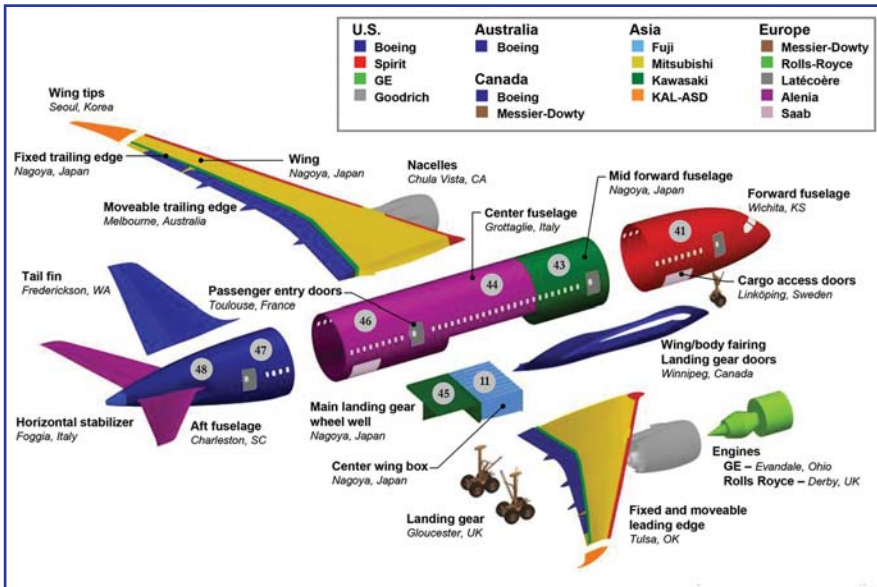


מטוסי הבואינג 787 מורכבים באורט מחלקי מבנה המיוצרים במפעלים מרוחקים

בעקבות ההזמנה הגדולה של אל-על למטוסי בואינג 787 דרימליינר, עליה דיווחנו ב"ביעף" e134, יצאנו בסוף אפריל לביקור במפעלי בואינג בארה"ב כדי לראות מקרוב כיצד מיוצרים מטוסי הנוסעים החדשים האלה. זכינו לסיור מקיף וממצה במפעל הענקי של בואינג באורט (Everett), בו מתבצעת ההרכבה הסופית של מטוסי הנוסעים והמטען רחבי-הגוף מדגמי 747, 767, 777 ו-787, בהדרכתו של דייוויד (דייב) ריס, מנהל הביקורים הבכיר בחטיבת המטוסים האזרחיים של בואינג. התאפשר לנו גם לצפות במטוסים מוגמרים הממריאים משדה פיין (Paine) לטיסות ניסוי בתום ייצורם, לפני מסירתם ללקוחות.

בתמונה העליונה: בקו ההרכבה הסופית של ה-787 באורט ראינו ב-28 באפריל את מטוס מספר 442 עבור בריטיש איירווייס ושני מטוסים עבור יונייטד איירליינס. למטה: בתחנה האחרונה בקו ההרכבה הסופית מותקנים המנועים במטוס מספר 440 המיועד לקטאר איירווייס.





חלוקת הייצור של רכיבי המבנה הגדולים של ה-787 במפעלים בארה"ב ובמדינות אחרות ברחבי העולם.

המבנה והקמת המערך הנדרש לייצורם, והשתתפו גם כספית במימון הפיתוח. כפי שניתן לראות באיור המוצג למעלה, גוף המטוס מורכב בעיקרו מחמישה מקטעים גדולים, שכל אחד מהם מיוצר מחומרים מרוכבים כחלק אחד גדול. הגוף הקדמי (מקטע 41) מיוצר במפעלי ספריט איירוסיסטמס בוויצ'ייה קנזס; מקטע 43 שלאחריו מיוצר במפעלי קאווסאקי ביפן; הגוף המרכזי (מקטעים 44 ו-46) מיוצר במפעלי אלניה באיטליה; והגוף האחורי (מקטעים 47-48) נבנה במפעלי בואינג בצ'ארלסטון. כנפי המטוס מיוצרות במפעלי מיצ'ובישי ביפן. הזנב האופקי נבנה באיטליה, והזנב האנכי מיוצר באחד ממפעלי בואינג. תיבת הכנף המרכזית ובית כנייהנסע מיוצרים ביפן. חלקי מבנה אחרים מיוצרים באוסטרליה, בדרום קוריאה, בסין, בצרפת, בקנדה, בשוודיה ובמדינות נוספות. כדי להעביר במהירות את חלקי המבנה הגדולים מקצות תבל ומאתרים שונים בתוך ארה"ב למפעלי ההרכבה הסופית באוורט ובצ'ארלסטון, יזמה בואינג הסבה של ארבעה מטוסי 747-400 למטוסי מטען גדולים (LCF), שמכונים דרימליפטר. אלה מתאפיינים בגוף מנופח עם תא מטען בנפח 1,840 מ"ק,

בתחילת העשור הנוכחי, והמטוס הסדרתי הראשון סופק ללקוח בספטמבר 2011. כיום מייצרים בו שבעה מטוסים בחודש מדגמי 787-8 ו-787-9. בנוסף פתחה בואינג קו הרכבה שני למטוסי 787 במפעלה בצ'ארלסטון שבדרום קארוליינה, שקצב הייצור בו מתקרב עתה לחמישה מטוסים בחודש.

רשרת אספקה גלובאלית

בשונה מהמטוסים הקודמים של בואינג, ה-787 בנוי ברובו מחומרים מרוכבים, המהווים 50% ממשקלו. כל הגוף ומרבית מבנה הכנפיים ומשטחי הזנב עשויים מחומרים מרוכבים. משמעות הדבר היא, שבתהליך ההרכבה הסופית מחברים זה לזה חלקי מבנה גדולים מאוד שיוצרו קודם לכן במקום אחר, בניגוד לשיטה המסורתית של בניית הגוף מחציצים ואורכנים מתכתיים אליהם ממסמרים מעטים חיצוניים מאלומיניום, כאשר התהליך מתבצע בתוך כלי ייצור מיוחדים באותו מפעל עצמו (או לעתים אצל קבלני-משנה).

בואינג בחרה לפזר את ייצור חלקי המבנה של ה-787 במפעלים שונים ברחבי העולם, אשר לקחו על עצמם גם את תיכון חלקי

המפעל של בואינג בשדה התעופה פיין באוורט, במרחק של כחצי שעה נסיעה צפונית לסיאטל במדינת וושינגטון, נחשב לא רק למפעל הייצור הגדול ביותר בעולם, אלא שזהו הבניין הגדול ביותר בעולם בנפחו – שטחו 398 דונם ונפחו 13.37 מיליון מ"ק.

את המפעל הקימה בואינג במחצית השנייה של שנות ה-60 לצורך ייצורו של מטוס הנוסעים הענקי 747, שכונה ג'אמבו ג'ט. הראשון של ה-747 נגלל ממנו ב-30 בספטמבר 1968. קצב הייצור במפעל גדל והלך בהדרגה, ובמהלך השנים צורפו לקו ההרכבה של מטוסי הג'אמבו גם קווי הרכבה למטוסים רחבי-הגוף האחרים של בואינג מדגמי 767 ו-777, ובעשור הנוכחי גם ה-787. מדלתות המפעל יוצאים כיום כ-18 מטוסים בחודש, המיוצרים על-ידי יותר מ-30,000 עובדים.

קצב הייצור של מטוסי הג'אמבו ירד דראסטית בשנים האחרונות לאור הביקוש הנמוך למטוסי נוסעים כה גדולים, בעקבות העדפתן של חברות התעופה להפעיל מטוסים קטנים יותר בתדירות גבוהה. המשבר הנמשך בשוק הטסת המטעניים גרם לעצירת ההזמנות למטוסי המטען הגדולים. וכך, הזדור השלישי של מטוסי הג'אמבו (747-8), שנכנס לייצור בתחילת העשור הנוכחי, לא זכה להצלחה שיווקית ראויה. מקצב ייצור של 2.5 מטוסי נוסעים ומטען בחודש בשנת 2012, ירד הקצב ל-1.5 מטוסים בחודש בשנה שעברה ולמטוס אחד בחודש מתחילת השנה הנוכחית. בואינג הודיעה בינואר על ירידה נוספת בקצב הייצור של מטוסי ה-747-8 מספטמבר השנה, ותייצר רק חצי מטוס בחודש.

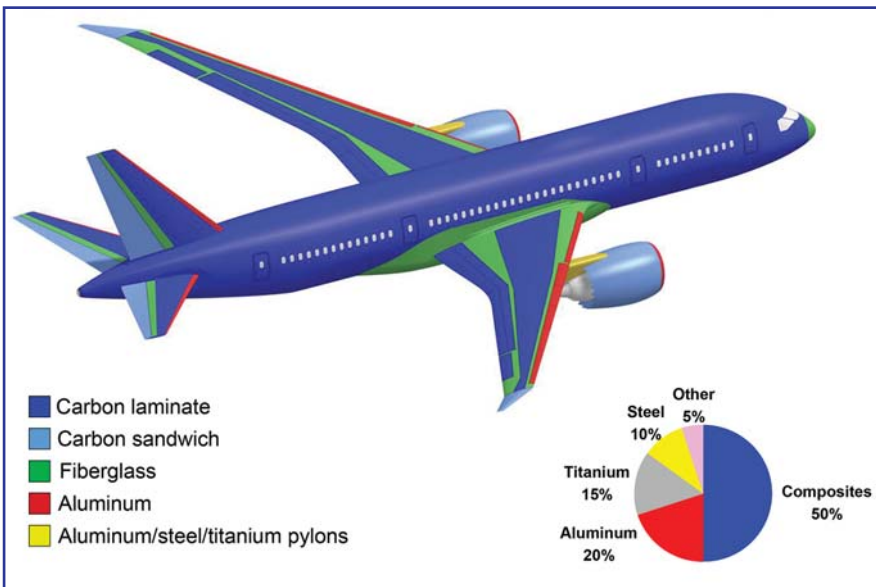
בואינג איננה מייצרת יותר מטוסי נוסעים מדגם 767, אלא רק מטוסי מטען. בנוסף מייצרים מטוסי 767 עבור תוכנית KC-46A פגסוס לחיל האוויר האמריקני, אשר מותאמים למשימות תדלוק אווירי לאחר השלמת ייצורם במפעל באוורט. קצב הייצור של מטוסי ה-767 באוורט גדל מ-1.5 מטוסים בחודש בשנה שעברה לשני מטוסים בחודש השנה.

את מטוסי ה-777 יצר המפעל באוורט בקצב של 8.3 מטוסים בחודש בשנה שעברה. בואינג הודיעה בינואר כי תקטין את קצב הייצור ל-7 מטוסים בחודש בשנה הבאה, ובמקביל החלו ההכנות להקמת קו ההרכבה של הדגם החדש 777X.

קו ההרכבה למטוסי ה-787 החדשים הוקם

הבניין הענקי באוורט שבתוכו מבצעת בואינג את ההרכבה הסופית של מטוסיה רחבי-הגוף מדגמי 747, 767, 777 ו-787.





ממישים אחוזים ממשקל המבנה של ה-787 עשוי מחומרים מרכיבים, ורק עשרים אחוזים מאלומיניום.

וזנבם נפתח בסיבוב אופקי שמאלה סביב צירים כדי לאפשר העמסה של חלקי המבנה הגדולים. מטוסי הדרימליפטר יכולים להכיל בתוכם זוג כנפיים או את מקטעי הגוף הגדולים. הם מבצעים יותר מ-160 טיסות בחודש להעברת הכנפיים ומקטעי גוף מיפן, מקטעי הגוף המרכזי והזנבות האופקיים מאיטליה, והעברת חלקי המבנה הגדולים המיוצרים בצ'ארלסטון ובוויציטה לקו ההרכבה הסופית באוורט.

במפעל הענקי באוורט ראינו כיצד חלקי המבנה הגדולים המוכנסים בצד אחד של הבניין מחוברים זה לזה שלב אחר שלב, כאשר מנופים התלויים מהתקרה מניפים את החלקים ומעבירים אותם למקום המתאים בקו ההרכבה. בשלב האחרון, בקצה הנגדי לרוחב הבניין, מותקנים המנועים בבתי המנועים מתחת לכנפיים ומבוצעים כל החיבורים החשמליים והאלקטרוניים. בסופו של התהליך, שנמשך כ-18 ימים, יוצא המטוס השלם מדלתות הבניין ומועבר לצביעה חיצונית.

עד כה סיפקה בואינג יותר מ-400 מטוסי 787, כאשר סך כל ההזמנות מגיע כרגע ל-1,154 מטוסים.

מטוסי הדרימליינר המיועדים לאל-על ייכנסו לקו ההרכבה הסופית החל מהרבע השלישי של 2017.



ה-747-400LCR דרימליפטר מותאם להובלת חלקי מבנה גדולים של גוף ה-787 (משמאל) או זוג כנפיים (למטה).



מארגני התערוכה למצוא מדינה שתמלא את התפקיד הזה, ולפיכך התצוגה הבינלאומית הייתה מצומצמת מהרגיל. שני מגזרים נעדרו כמעט לחלוטין מ-ILA, בגלל תערוכות מתחרות הנערכות בגרמניה ובשוויצריה במועדים סמוכים: תערוכת איירו, הנערכת מדי שנה בפרידריכסהפן שבדרום גרמניה בחודש אפריל, מרכזת את כל התעופה הקלה והספורטיבית; ותערוכת EBACE, הנערכת מדי שנה בג'נבה במחצית השנייה של מאי, מרכזת את התעופה העסקית עם מטוסי המנהלים לסוגיהם.

מה שנותר זה בעיקר מטוסי נוסעים אירופיים (בואינג לא משתתפת ב-ILA), מטוסים ומסוקים צבאיים שהובאו על-ידי זרועות האוויר של גרמניה, ארה"ב, בריטניה, צ'כיה ופולין, מעט כטב"מים ומטוסים היסטוריים שונים. רק צוות אווירובטי אחד השתתף במפגני הטיסה ביום האחרון – הצוות המוכר של חיל האוויר השוויצרי עם שישה מטוסי נורת'רופ F-5E טייגר II. כצפוי מתערוכה חשובה בגרמניה, האירוע נוצל כבמת תחרות על שלוש תוכניות רכש גדולות של משרד ההגנה הגרמני: מערכת הגנה מפני איומים אוויריים – MEADS או פטריוט; מסוק תובלה כבד עתידי – סיקורסקי CH-53K קינג סטאליון או בואינג CH-47F שינוק; וכטב"ם לשהייה ארוכה ברום בינוני – הרון TP של התעשייה האווירית לישראל או פרדטור B של ג'נרל אטומיקס מערכות אווירונאוטיות.

יהודה בורוביק, המתמיד זה שנים רבות להגיע בקביעות לתערוכות ILA בברלין, מתייחס בסקירתו המקיפה לשלוש תוכניות הרכש הגרמניות האלה, ומתאר גם נושאים נוספים שהודגשו בתערוכה: החידושים מקבוצת איירבאס, מטוס סיור גרמני-קטארי חדש, שיתופי פעולה של תעשיות ישראליות עם חברות גרמניות, וציון 125 שנה לטיסות הראשונות של חלף הטיסה הבלתי ממונעת אוטו לילינאתל.

תערוכת התעופה והחלל הבינלאומית בברלין (ILA) נערכה אז הפעם השלישית במרכז התערוכות החדש שהוקם לפני כארבע שנים במתחם של נמל התעופה הבינלאומי החדש ברלין ברנדנבורג (שפתיחתו ממשיכה להתעכב בגלל פגמים בטיחותיים בבניין הטרמינל).

תערוכת ILA, שנחשבה בעבר לגדולה ביותר באירופה מבחינת מספר כלי-הטיס המוצגים בה, הולכת ומצטמצמת בהיקפה. מאירוע שנמשך עד כה שישה ימים, קוצרה הפעם התערוכה לארבעה ימים בלבד, כאשר היומיים הראשונים הוגבלו לקהל המקצועי וימי שישי ושבת נפתחו לקהל הרחב. בתערוכות של 2014 ו-2012 חזינו בתצוגה הקרקעית בכ-170 כלי-טיס מאוישים מכל הסוגים, שהצטברו לאורך ימי התערוכה (לא כולם נכחו במשך כל ימי השבוע). הפעם ספרנו בתצוגה הקרקעית פחות מ-100 כלי-טיס מאוישים, וגם המפגנים האוויריים היו פחות עשירים ומרשימים מבעבר.

ILA ממשיכה להיות בעיקרה מפגן כוח של תעשיות התעופה והחלל בגרמניה, הן אלה העצמאיות והן אלה המהוות חלק מרכזי בקבוצת איירבאס. כל החטיבות של איירבאס היו מיוצגות בתערוכה בהיקף נרחב – איירבאס מטוסי נוסעים, איירבאס הגנה, חלל ואבטחה ואיירבאס מסוקים. מציגים גדולים אחרים מגרמניה היו המרכז הגרמני לחקר התעופה והחלל DLR, חברת MBDA מערכות טילים, והזרועות האוויריות של הצבא הגרמני (Bundeswehr) – חיל האוויר (לופטוואפה), חיל הים (מארינה) וצבא היבשה (Heer).

מקורו של הצמצום במספר המטוסים המוצגים ובמשך ימי התערוכה נעוץ במספר מגמות שהתחזקו בשנים האחרונות. בעשור החולף נהגו מארגני ILA להזמין מדינה זרה שתהיה השותפה הבכירה באירוע ותציג את מגוון מוצריה התעופתיים. כך זכינו בשנים הקודמות להיחשף לתצוגות נרחבות במיוחד של רוסיה, הודו, שוויצריה, פולין וטורקיה. השנה לא הצליחו

התצוגה הקרקעית בתערוכה נשלטה על-ידי מטוסים גדולים כמו A330 MRTT, A380, A350, לתדלוק אווירי, C-130J, C-17, המפציץ B-1B, A400M ועוד.





אב-הטיפוס של ה-A320neo שמצויד במנועי פראט אנד ויטני PW1100G-JM.



"המסוק הכחול" של איירבאס הליקופטרים משלב שיפורים טכנולוגיים שתורמים להטבה ניכרת בביצועים.

הקטנה של 10 דציבלים ברמת הרעש האפקטיבי המורגש, ו-40-50 אחוזים פחות פליטת דו-תחמוצת הפחמן.

כטב"ם בהדפסה תלת-ממדית

עוד חידוש טכנולוגי שנראה בתצוגה הקרקעית של קבוצת איירבאס היה הכטב"ם THOR, שיוצר כולו בשיטת הריבוד במדפסות תלת-ממדיות.

תוכנית THOR (ראשי תיבות של: ניסוי של יעדי טכנולוגיה עלית במציאות) נועדה לבחון את ישימות השימוש בטכנולוגיית ההדפסה התלת-ממדית לייצור מהיר של כלי-טיס קטן. 60 חלקי המבנה של הכטב"ם יוצרו בסדרה של מדפסות במשך ארבעה שבועות וחוברו יחדיו. וכך, כל מבנה הכטב"ם – פרט למנועים, למצברים ולכני-הנסע – יוצר בטכנולוגיה מתקדמת זו מפוליאימיד (חומר סינתטי אורגני, שהוא סוג של פלסטיק).

ה-THOR מתאפיין במוטת כנף של 3.7 מטר, בגוף שאורכו 3.5 מטר וקוטרו כ-45 ס"מ, ובמשקל של 21 ק"ג. הכטב"ם מונע באמצעות

תכן הפנסטרון – סימן היכר בולט במסוקים הקטנים והבינוניים של איירבאס הליקופטרים – עבר שיפור נוסף עם אופטימיזציה של הלהבים המסתובבים והחלק הפנימי הקבוע (סטטור). הגה כיוון פעיל בזנב מסייע לאזן את המסוק בתנאי מומנטים חזקים, והתוצאה הסופית היא הפחתה נוספת ברמת הרעש. זנב המסוק שונה לתצורת T, המגדילה את העילוי מאחור ומאפשרת להוסיף 50 ק"ג למשקל ההמראה המרבי, וגם מקטינה את הנטייה לערלוד.

שינויים אווירודינמיים בגוף מאחורי תא הנוסעים ובחיפוי מגלשי הנחיתה תרמו להפחתה נוספת בגרר.

חיסכון גדול בתצרוכת הדלק והפחתה ניכרת בפליטת דו-תחמוצת הפחמן ניתן יהיה להשיג על-ידי כיבוי אחד משני המנועים בטיסת שיוט והמשך הטיסה באמצעות מנוע אחד בלבד, תוך הסתייעות במערכת בקרה חדשה לניהול ההספק. ניסויי טיסה בתצורה זו מיועדים להיערך השנה.

התוצאה הכוללת מכל השיפורים האלה תוכל להיות עד 40% חיסכון בתצרוכת הדלק,

הכטב"ם הניסויי THOR הורכב כולו מחלקים שיוצרו בשיטת הריבוד במדפסות תלת-ממדיות.



A320neo: מטוס נוסעים משופר

קבוצת איירבאס הביאה לתצוגה ביום הראשון של התערוכה את אב-הטיפוס של ה-A320neo – דגם משופר של מטוס הנוסעים צר-הגוף עם מנועים חדשים מסוג פראט אנד ויטני PW1100G-JM (neo הם ראשי תיבות של: אופציה למנועים חדשים). מטוס זה החל בטיסות ניסוי בספטמבר 2014, וזכה ברישוי אזרחי אירופי ואמריקני בנובמבר 2015. החלפת המנועים מהדור הקודם במנועים חדשים, שהנם יעילים הרבה יותר, מביאה לחיסכון משמעותי של 15% בתצרוכת הדלק יחסית למושב. השלבים המתוכננים הבאים בפיתוח מנועים אלה צפויים להגדיל את החיסכון בתצרוכת הדלק ל-20% עד שנת 2020. המנועים החדשים גם שקטים יותר ממנועי הדור הקודם ופולטים פחות מזהמים לאטמוספירה.

איירבאס משלבת את השיפור הזה בכל משפחת מטוסי הנוסעים צר-הגוף שלה – A320neo, A319neo ו-A321neo – שמציעים קיבולת נוסעים מ-100 עד 240 מושבים. בנוסף למנוע של פראט אנד ויטני, פותחה גם התקנה של מנועי LEAP-1A מתוצרת התאגיד הבינלאומי CFM, המשותף לג'נרל אלקטריק האמריקנית ולסקנמה מקבוצת סאפרן הצרפתית. ה-A320neo עם מנועי LEAP-1A זכה ברישוי אזרחי אירופי ואמריקני ב-31 במאי השנה, יום אחד לפני פתיחת התערוכה בברלין. המטוס הסדרתי הראשון מסוג A320neo עם מנועי PW1100G-JM נמסר לחברת התעופה הגרמנית לופטהנזה ב-20 בינואר השנה, והגיע לתצוגה בברלין ביום האחרון של התערוכה. מטוסי מסוג זה סופקו החל מחדש מארס גם לחברת התעופה ההודית IndiGo בגלל בעיות שנתגלו במנוע נעצרה האספקה לחברות תעופה נוספות, אך עם פתרון הבעיות צפויה האספקה להתחדש בקרוב.

איירבאס זכתה עד כה ליותר מ-4,500 הזמנות למטוסי מסדרת neo מ-82 לקוחות ברחבי העולם, ונתח השוק שלה בתחום מטוסי הנוסעים צר-הגוף עם מנועים חדשים הגיע ל-60%. המתחרים הישירים הם מטוסי הבואינג 737 מסדרת MAX.

המסוק הכחול של איירבאס

איירבאס הליקופטרים הציגה בתערוכה הקרקעית את מסוק הניסוי להדגמה טכנולוגית BlueCopter, המשלב שיפורים שמטרתם השגת יתר ידיוותיות לסביבה, חסכוניות בהפעלה, יעילות תפעולית, רמת רעש נמוכה וביצועים מיטביים.

החברה לקחה אב-טיפוס מוקדם של ה-EC135 הדו-מנועי הקל והכניסה בו שינויים ברוטור הראשי, ברוטור הזנב המשורוול (פנסטרון), ביחידת הזנב, במערכות הבקרה ועוד.

במסוק הכחול הותקן רוטור ראשי חדש חסר מסבים בעל חמישה להבים בסגנון BlueEdge, שקוטרו גדול יותר. רוטור זה אפשר להקטין במידה ניכרת את המהירות בקצות הלהבים, וכתוצאה מכך רמת הרעש שלו נמוכה יותר. להבי הרוטור מצויגים חלוקה משופרת של הפיתול לאורכם. ראש הרוטור מחופה בצורה יעילה יותר, וכתוצאה מכך הופחת הגרר.



תכליתי במשקל של כ-5 טון בלבד, הרי ה-**CH-47F ER** ממריא כיום במשקל מרבי של 24.5 טון ויכול לשאת מטען תכליתי פנימי של 10,070 ק"ג.

השינוק הדור-מנועי מתאפיין בתצורה של שני רוטורים ראשיים, בניגוד לרוב המסוקים האחרים, אשר להם רוטור ראשי אחד ועוד רוטור מייצב קטן בזנב. יתרונת התצורה הזאת הן גודל קומפקטי יותר (המסוק הרבה יותר קצר מכיוון שאין צורך ביחידת הזנב), אפשרות לטוס בתחום רחב יותר של מרכזי כובד, וכושר תמרון עדיף. החיסרון הבולט ביותר הוא הסיבוך התחזוקתי בגלל קיומן של שתי מערכות תמסורת מורכבות לרוטורים.

ההיסטוריה הארוכה בת יותר מיובל שנים של השינוק והשיפורים המתמידים שהוכנסו בו הפכו את המסוק הזה לאמין מאוד והקנו לו 21 לקוחות נאמנים בכל רחבי העולם. החל משנת 2006 מייצרת **בואינג** את הדגם המשופר

מסוקי ה-**CH-53G** החל משנת 2022. הדרישה הגרמנית הזאת לרכש עשרות מסוקי תובלה כבדים מעוררת תחרות חריפה בין שתי היצרניות האמריקניות שמציעות מסוקים מתאימים, והן ניצלו את התערוכה בברלין כדי לקדם את שיווק מוצריהן.

חברת **בואינג** יזמה את הגעתם לברלין של שני מסוקי שינוק מבצעיים – **CH-47F** חדש של צבא ארה"ב, ושינוק מושבח מדגם **HC Mk 4** של חיל האוויר המלכותי הבריטי. מפגן הטיסה המרשים ביותר של השינוק הבריטי ביום השני של התערוכה הלהיב מאוד את קהל הצופים, במיוחד לאור העובדה שהמסוק הוותיק הזה אינו נראה לעתים קרובות באירועים דומים באירופה.

בואינג מייצרת את השינוק ברציפות מאז 1962, ושיפרה במשך השנים את תכונותיו וביצועיו במידה מדהימה. בעוד שה-**CH-47A** המריא במשקל מרבי של 15 טון ונשא מטען

שני מנועים חשמליים, בעלי הספק של 1.5 קילו-וואט כל אחד. טיסת הבכורה שלו נערכה בנובמבר 2015, ומאז בוצעו ניסויי טיסה נוספים.

קינג סטאליון או שינוק?

הצבא הגרמני הוא בין האחרונים בעולם שעדיין מפעיל מסוקי תובלה מסוג **סיקורסקי CH-53G**, בני יותר מ-40 שנה (מסוקי יסעור דומים עדיין מופעלים כיום רק בחילות האוויר של ישראל ומקסיקו). מסוקים אלה, הדומים ל-**CH-53D**, יוצרו ברישיון בגרמניה בשנות ה-70 של המאה הקודמת. ארבעים מבין כ-80 המסוקים שנתרו בשירות הושבחו בשנים האחרונות לגרסה **CH-53GA**, כדי להאריך את חייהם לתקופת שירות נוספת של כ-20 שנים – ראה "ביעף" e122 עמ' 19 ו-e113 עמ' 11. משרד ההגנה הגרמני מעוניין להתחיל להחליף את

למעלה: השינוק של חיל האוויר המלכותי הבריטי במפגן הטיסה בברלין. למטה: השינוק מפגין נחיתה על שני הגלגלים האחוריים והסעה לפנים ולאחור.





כושר הנשיאה והביצועים הכוללים, **הקינג סטאליון** החדש עדיף על **השינוק** שמקורו בתכנ ישן. ה-**CH-53K** דומה בתצורתו ובאופן הפעלתו לדגמים הקודמים של ה-**CH-53** וייתמך על-ידי אותו יצרן מוכר, כך שקליטתו בצבא הגרמני עשויה להיות פשוטה ומהירה יותר מאשר **השינוק** השונה בעל שני הרוטורים הראשיים. בנוסף, ה-**CH-53K** בעל תא המטען הרחב יותר מתאים היטב לנשיאת כל-ירכב קרביים וציוד שמשרתים את הצבא הגרמני. עם זאת, יש לזכור כי **הקינג סטאליון** נמצא עדיין בשלבי פיתוח, אין ודאות שיצליחו להתגבר על כל הבעיות בלוח הזמנים המקורי שנקבע,

אלא שכושר הנשיאה המרבי על המתלה האמצעי מגיע ל-16.3 טון. ה-**CH-53K** התלת-מנועי, שמשקלו הריק כ-20 טון, יכול להמריא במשקל מרבי של 33.6 טון כשהוא נושא מטען פנימי בלבד, או במשקל של 39.9 טון עם מטען חימוני התלוי מתחת לגחוונו. הטווח שלו מגיע ל-850 ק"מ. חיל הנחתים מתכנן לרכוש 194 מסוקי **CH-53K** סדרתיים, שאספקתם תחל בשנת 2020 ותסתיים ב-2031. בנוסף מיוצרים שישה אבות-טיפוס ומסוקי ניסוי. בינתיים, לא נמצא לקוח נוסף למסוק החדש של **סיקורסקי**. מבחינת החדשנות הטכנולוגית, המודרניות,

CH-47F שצויד במערכות מתקדמות, אשר מסופק הן לצבא ארה"ב והן ללקוחות זרים כמו אוסטרליה, איטליה, בריטניה, האמירויות הערביות המאוחדות, הודו, הולנד, טורקיה וקנדה. בנוסף לרכש מסוקי **CH-47F** מייצור חדש, מעביר צבא ארה"ב ל**בואינג** מסוקי **שינוק** ישנים לצורך השבתתם לתצורה החדשה, והכריז כי בכוונתו להמשיך להפעילם עד שנת 2060.

לפי הדרישה של קנדה, פיתחה **בואינג** דגם ארוך-טווח (ER) של **השינוק**, הנושא כמות מוגדלת של דלק. משקל ההמראה המרבי של דגם זה הוגדל מ-22.7 ל-24.5 טון. המסוק יכול לשאת מטען של 11,790 ק"ג על המתלה האמצעי בגחון, או 7,710 ק"ג על המתלה הקדמי או האחורי, או 11,340 ק"ג על המתלה הקדמי והאחורי ביחד. ה-**CH-47F ER** יכול להגיע לטווח של 1,000 ק"מ עם הדלק הפנימי שהוא נושא במכליו הפנימיים.

עבור הכוחות המיוחדים של צבא ארה"ב מייצרת **בואינג** את הדגם **MH-47G**, המצויד בין היתר בצינור לתדלוק אווירי.

סיקורסקי, הנמצאת כיום בבעלותה של **לוקהיד מרטין**, לא יכלה להביא לברלין את אחד משני אבות-טיפוס של ה-**CH-53K** **קינג סטאליון**, הנמצאים בניסויי טיסה בפלורידה. את תוכנית הפיתוח של המסוק החדש סקרו במסיבת עיתונאים בתערוכה נציגים **מסיקורסקי** ומחיל הנחתים של ארה"ב.

ה-**CH-53K** נראה אולי דומה לדגמים קודמים של ה**סטאליון**, אלא שזהו מסוק חדש לחלוטין שפותח כדי לענות על דרישות חיל הנחתים, ומיועד להחליף בעשור הבא את מסוקי ה-**CH-53E סופר סטאליון**. **הקינג סטאליון** מנצל את הטכנולוגיות החדשות ביותר בתחומי המבנה, החומרים והמערכות, ומצויד במערכת בקרת טיסה דיגיטלית (טוס-על-חוט). המסוק הבנוי ברובו מחומרים מרוכבים גדול וכבד יותר מן **השינוק**, ומסוגל לשאת יותר מטען. הדרישה הבסיסית של חיל הנחתים הייתה לשאת מטען תכליתי של 12.25 טון למרחק של 200 ק"מ ממנחת גבוה ביום חם.

לקינג סטאליון ול**שינוק** תא מטען בגודל דומה, שאורכו 9.1-9.2 מטר, רוחבו 2.3-2.7 מטר (ה-**CH-53K** הוא הרחב יותר), וגובהו 2 מטר. ההבדל העיקרי ביניהם הוא בכושר הנשיאה החיצוני. כמו ב**שינוק**, גם **הקינג סטאליון** מצויד בשלוש נקודות תלייה בגחון,

אב-הטיפוס של ה**סיקורסקי CH-53K** בטיסת ניסוי (למעלה) ובהנפת מטען במשקל 12,250 ק"ג (למטה).





המכ"ם החדש של רייתאון שיאפשר למערכת הפטריוט לספק יכולת הגנה ב-360 מעלות.

בשלב זה, גרמניה היא המדינה היחידה שבחרה ב-MEADS. איטליה, שהשקיעה סכומים נכבדים בפיתוח המערכת עדיין שוקלת אם ומתי לרכוש סוללות MEADS. השותפות בתוכנית ממשיכות בניסיונות לשכנע את פולין להעדיף את MEADS, למרות שמשרד ההגנה הפולני כבר הודיע על בחירתו במערכת הפטריוט. לקוחה אפשרית נוספת היא טורקיה, שנציגים בכירים שלה קיבלו הסברים על המערכת במהלך התערוכה בברלין.

למרות ההחלטה הממשלתית בגרמניה לבחור ב-MEADS, המתחרה האמריקנית רייתאון לא הרימה ידיים בניסיונותיה לשכנע את הגרמנים להעדיף בכל זאת גרסה מתקדמת של מערכת הפטריוט. במסיבת עיתונאים בתערוכה ILA הציגו אנשי רייתאון את פרטי הצעתם, תוך הדגשה כי התוכנית תנוהל על-ידי חברה-בת גרמנית של רייתאון שתשתף את התעשיות הגרמניות.

לאור הדרישה הגרמנית המפורשת לכיסוי הגנתי ב-360 מעלות, פיתחה רייתאון מכ"ם חדש עבור מערכת הפטריוט שמאפשר גילוי איומים אוויריים מכל הכיוונים. זהו מכ"ם מתקדם מסוג מערך מופע עם סריקה אלקטרונית אקטיבית, שהרכיבים הפעילים בו עשויים מגאליום ניטריד (מוליד למחצה בינארי). אב-הטיפוס של המכ"ם החדש, שהוצג בתערוכה, כולל אנטנה ראשית גדולה ושתי אנטנות קטנות יותר המותקנות בזוויות של 135 מעלות לשני הכיוונים, לקבלת כיסוי היקפי מלא.

בדומה ל-MEADS, מערכת הפטריוט החדשה מאופיינת בארכיטקטורה פתוחה, שמאפשרת לשלב בה טילי יירוט שונים לפי העדפת הלקוח. פטריוט מותאמת כיום לשיגור שלושה סוגי טילים: PAC-3, GEM-T, ו-PAC-3 MSE. במסיבת העיתונאים צוין, כי ניתן לשלב במערכת גם טילי יירוט אחרים, כולל ה-Stunner של מערכת קלע דוד (שרביט

העסקה מחייבת עדיין אישור של הפרלמנט הגרמני (בונדסטאג), שצפוי להתקבל לפני סוף השנה הנוכחית.

המכ"ם הראשי תיבות של: מערכת הגנה אווירית מורחבת לטווחים בינוניים) פותחה במשך יותר מעשור בשיתוף פעולה אמריקני-אירופי על-ידי החברות לוקהיד מרטין, MBDA גרמניה ו-MBDA איטליה. זוהי מערכת ניידת ויבילת אוויר, המיועדת להגן על כוחות מתמרנים מפני כל סוגי האיומים – טילים בליסטיים טקטיים, טילי שיוט, מטוסים וכטב"מים – שמספקת כיסוי ב-360 מעלות. המערכת מתבססת על טילי יירוט מסוג PAC-3 MSE מתוצרת לוקהיד מרטין, אך עתה משלבים בה גם טילי IRIS-T SL מתוצרת חברת דיהל דפנס הגרמנית.

את MEADS תיארו בהרחבה בסקירות שלנו על תערוכות ILA בשנים הקודמות – ראה "ביעף" e128 עם 20 ו-e122 עם 18-19.

וקיים ספק אם אכן ניתן יהיה להתחיל באספקתו לגרמניה בשנת 2022, כנדרש. לעומת זאת, השינוק הוא מסוק בוגר ומוכח, שצבר ניסיון מבצעי רב ומופעל גם בצבאות נאט"ו אחרים שאיתם משתפים הגרמנים פעולה.

חדשנותו של ה-CH-53K, גודלו וביצועי העדיפות באים עם תווית מחיר הולמת, שמושפעת במידה רבה גם ממיעוט המסוקים שהוזמנו ומקצב הייצור הנמוך שצפוי (עד 24 מסוקים בשנה). לפי דו"ח משרד מבקר המדינה בארה"ב שהוגש לקונגרס במארס 2015, העלות הכוללת לרכישת 194 המסוקים הסדרתיים צפויה להסתכם ב-18.6 מיליארד דולר – דהיינו, כ-96 מיליון דולר בממוצע למסוק אחד. זאת בנוסף לעלויות הפיתוח והניסויים, שמוערכות בכ-6.7 מיליארד דולר.

השינוק הרבה יותר זול, בזכות ייצורו במספרי גדולים לאורך שנים רבות, היותו דו-מנועי ולא תלת-מנועי כמו הקינג סטאליון, בנייתו ממתכות נפוצות ולא מחומרים מרוכבים, ושימוש בטכנולוגיות ובמערכות מהדור הנוכחי הקיים. לפי נתוני התקציב של משרד ההגנה האמריקני לשנת הכספים 2016, מחירו של מסוק CH-47F חדש לצבא ארה"ב הוא 29.8 מיליון דולר. גם אם לקוח זר יידרש לשלם מעט יותר מהמחיר שבואינג דורשת מצבא ארה"ב, עדיין מדובר בכשליש ממחירו של ה-CH-53K. משרד ההגנה הגרמני יצטרך להחליט עוד השנה (או בתחילת השנה הבאה) על בחירתו במסוק תובלה כבד עתידי, אם ברצונו להתחיל לקבל את המסוקים החדשים בשנת 2022. הבחירה הגרמנית ונימוקיה לבטח יעניינו מאוד את חיל האוויר הישראלי, שצריך גם הוא לבחור בשנים הקרובות מחליף למסוקי היסעור 2025 המיושנים מאוד, ושגם בחירתו תהיה בין השינוק לבין הקינג סטאליון.

פטריוט או MEADS?

משרד ההגנה הגרמני הודיע ביוני 2015 על החלטתו לבחור ב-MEADS כמערכת ההגנה האווירית הטקטית שתחליף את מערכות הפטריוט המיושנות. ההחלטה נתקבלה אחרי השלמת ניסויי הוכחת הכושר, שבהם הצליחה המערכת ליירט הן כלי-טיס והן טילים בליסטיים, ומותנת בהשלמה מוצלחת של מספר ציוני דרך שנתרו בתהליך הפיתוח.

משגר נייד לטילי IRIS-T SL המשולב במערכת ההגנה האווירית MEADS.





ה-Q01 הדור-מושבי של ריינר סטם יוטייליטי אייר סיסטמס יהיה ניתן להפעלה גם בתצורה בלתי מאוישת.

החדש לייטינג 5. צבא גרמניה החליט בתחילת השנה לבחור בהרון TP של התעשייה האווירית לישראל ככטב"ם הטקטי לשהייה ארוכה ישירת אותו בשנים הבאות, עד לפיתוחו והכנסתו לשירות של כטב"ם אירופי חדש באמצע העשור הבא. הגרמנים העדיפו את ההרון TP הישראלי (המכונה בחיל האוויר הישראלי איתן) על פני הפרדטור B / MQ-9 ריפר האמריקני הן בזכות תכונותיו וביצועיו, והן לאור ניסיונם החיובי בהפעלת כטב"מים מסוג הרון 1 מאז שנת 2010 – הגרמנים ביצעו יותר מ-25,000 שעות טיסה באפגניסטן בסיוע לכוחות הקואליציה שפעלו שם עד לאחרונה. הצבא הגרמני יחזור מהתע"א שלושה עד חמישה כטב"מים גדולים

לקראת השגת רישוי אזרחי אירופי בשנת 2017. קטאר מתכוונת לרכוש 17 מטוסי Q01.

הקשר הישראלי

התעשיות הביטחוניות הגדולות בישראל מבצעות עסקים בגרמניה בעיקר באמצעות שיתופי פעולה עם חברות גרמניות, ולפיכך רובן אינן רואות צורך להשתתף בתערוכות ILA בברלין בתצוגות עצמאיות. יוצאת דופן הפעם הייתה רפאל מערכות לחימה מתקדמות, שהקימה ביתן משלה והציגה בו את מגוון הטילים נגד-טנקים ממשפחת הספייק, את טיל היירוט סטאנר של מערכת קלע דוד, ואת המארז החיצוני לגילוי ורכישת מטרות מהדור

קסמים הישראלית. אנשי רייטאון הדגישו, כי בניגוד ל-MEADS הנמצאת עדיין בשלבי פיתוח, פטריוט היא מערכת בוגרת ומוכחת שנמצאת בשימוש מבצעי ב-13 מדינות ברחבי העולם. "פטריוט תוכל לענות על כל דרישות גרמניה מהר יותר וזול יותר", סיכם נציג רייטאון. אולם לאור ההשקעה הכספית הגדולה של גרמניה בפיתוח MEADS בעשור החולף, אין כמעט סיכוי שהחלטה להצטייד במערכת תשתנה.

מטוס סיור גרמני-קטארי

כלי-הטיס היחיד שהנו חדש לחלוטין אשר נראה הפעם בתערוכה בברלין הוא מטוס הסיור, התצפית והמעקב Q01, שפותח על-ידי החברה הגרמנית ריינר סטם יוטייליטי אייר סיסטמס (RS-UAS) במימון קטארי. ד"ר ריינר סטמה הוא מייסדה ומובילה של חברת Stemme בגרמניה, שפיתחה וייצרה מאז 1984 סדרה מוצלחת של דאוניס ממונעים. ה-S-15 של סטם (בגרמנית מבוטא שטמה) הפך לכטב"ם המוצלח פטרולר בסיועה של חברת סאג'ס מקבוצת סאפרן, ולאחרונה נבחר לכטב"ם הטקטי הבא של צבא צרפת שייכנס לשירות ב-2018. את חברת RS-UAS הקים ד"ר סטמה בשנת 2013 במטרה מוצהרת לפתח פלטפורמות אוויריות יעילות לנשיאת חיישני תצפית עבור השוק הבינלאומי, שניתן יהיה להפעילן הן באופן מאויש והן ככטב"מים.

ה-Q01 פותח כדי לענות על דרישה של חיל האוויר הקטארי ובמימון נדיב של מדינה עשירה זו במפרץ הפרסי. כלי-הטיס הבנוי מחומרים מרוכבים מתאפיין במוטת כנף של 20 מטר. משקל ההמראה המרבי שלו 2,750 ק"ג וביכולתו לשאת מטע"דים במשקל של עד 600 ק"ג בגחון הגוף ובתלייה מתחת לכנפיים. אמצעי ההנעה הוא מנוע דיזל מדגם CD-300 מתוצרת טכניפי מוטורס (חברה-בת גרמנית של קונטיננטל מוטורס, שנקראה במקורה תילרט), המפתח הספק של 310 כ"ס. ה-Q01 מסוגל לשהות באוויר במשך יותר מ-12 שעות בטיסה מאוישת עם טייס ומפעיל מערכת, או יותר מ-50 שעות בתצורה בלתי מאוישת. ביכולתו לטוס ברום של עד 30,000 רגל (9.1 ק"מ) במהירות שיט של כ-200 ק"מ/ש. אב-הטיפוס של ה-Q01 טס לראשונה בנובמבר 2015 ונמצא כעת בניסויי טיסה



הכטב"ם הגדול הרון TP (טורבו-פרופ) מתוצרת התעשייה האווירית לישראל בתצוגה של קבוצת איירבאס. למעלה: דגם של הספייס-250 בתצוגה של דיהל.





סקיי הוק ישראלי בתחפושת: החברה הקנדית Discovery Air Defence Services הציגה בתערוכה את אחד משבעת מטוסי הסקיי הוק שהיא מפעילה בגרמניה החל מינואר 2015 לסיוע לצבא הגרמני באימון כוחותיו, במסגרת חוזה לחמש שנים. המטוסים משמשים לגרירת מטרת לאימוני ירי אוויר-אוויר, לאימון קציני תצפית על הקרקע לתיאום סיוע אווירי קרוב, לדימוי התקפות אוויריות על ספינות בים, לדימוי מטוסי אויב "עדומים" באימון טייסים בקרבות אוויר, ולאימון במשימות משולבות של כוחות אוויר וקרקע. אלה הם מטוסי A-4N עיט מעודפי חיל האוויר הישראלי, שהושבחו עם אוויוניקה חדשה וצגים דיגיטליים.

חרטום חריפה בדאון, עד שהוא נעמד באוויר כמעט אנכית, נפל על צדו והתרסק. בהעדר הגאים אווירודינמיים, ליליינטאל יכול היה לשלוט בדאון רק על-ידי שינוי מיקום מרכז הכובד באמצעות הזזת רגליו. ניסיונותיו להניף את רגליו לפניו כדי לעצור את הגדלת זווית ההתקפה לא הספיקו לייצוב הדאון, והתוצאה הקטלנית הייתה בלתי נמנעת. "הדאון של ליליינטאל היה כשיר לטיסה ובטוח בתנאי רוח חיוביים או בטיסה לתוך הרוח. אבל לא היה לו מספיק כושר תמרון כדי להתמודד עם תנאי רוח אחרים, כמו התרמיקות שהיו באותו זמן. ליליינטאל לא היה צריך לטוס ביום התאונה", סיכמו מדעני DLR.

של 250 מטרים בגלישה מגבעה גובה 70 מטרים. נמצא כי הדאון טס במהירות של 14 מטר/שנייה (50 ק"מ/ש).

התכונות האווירודינמיות של הדאון שנמדדו בנקבת-הרוח אפשרו לחוקרים לפתח כלי חישובי להדמיית טיסת הדאון. מדעני DLR הציגו את תוצאות מחקרם במסיבת עיתונאים מיוחדת שנערכה בתערוכה בברלין. הסימור-לציות החישוביות שהם ביצעו הוכיחו, כי הזרימה על הכנף מתנתקת בזוויות התקפה של 12 מעלות ויותר, והדאון מזדקר ומתרסק. עדויות של צופים בטיסתו האחרונה של ליליינטאל ציינו כי באותו יום היו זרמי אוויר חם חזקים במעלה הגבעה (תרמיקות). מסקנת החוקרים היא כי הזרמים העולים גרמו להרמת



למעלה: אוטו ליליינטאל דואה במורד הגבעה. למטה: הדאון המשוחזר שהוצג בתערוכה בברלין.



ויצייד אותם בעת הצורך בחימושים שונים לתקיפה, כאשר הפעלתם תבוצע בסיוע איירבאס הגנה, חלל ואבטחה, שגם סייעה בהפעלת ההרון 1 באפגניסטן.

בהתאם להסכם שיתוף הפעולה בין איירבאס לבין התע"א, ההרון TP הוצג בתערוכה בברלין במתחם התצוגה של קבוצת איירבאס, לצד מטוסי הנוסעים שלה, מטוסי התובלה והמסוקים.

ההחלטה הגרמנית לבחור בהרון TP לא הניאה את ג'נרל אטומיקס מערכות אווירי-נאוטיות מלהמשיך במאמצי השיווק של הפרדטור B. החברה האמריקנית הביאה את הכטב"ם שלה לתצוגה בברלין, והדגישה בפרסומיה כי הפרדטור B הועדף על-ידי רוב מדינות נאט"ו האחרות באירופה, דוגמת איטליה, בריטניה, הולנד, ספרד וצרפת.

עדות לשיתופי פעולה עם חברות ישראליות מצאנו גם בתצוגה של חברת Diehl Defence הגרמנית. התצוגה של מוצרי דיהל כללה את הפצצה הגולשת המונחת SPICE-250 של רפאל, שמוצעת לחיל האוויר הגרמני לחימוש מטוסי הטייפון שלו. החברה ציינה, שמטוס הקרב והתקיפה טייפון יכול לשאת עד 16 פצצות ספיס 250, היכולות לפגוע במדויק במטרותיהן בטווח של יותר מ-100 ק"מ.

דיהל משתפת פעולה גם עם אלביט מערכות בהתקנת מערכות J-MUSIC על מטוסי התובלה איירבאס A400M של חיל האוויר הגרמני, להגנה מפני טילי כתף. בתערוכה חתמו שתי החברות על הסכם להרחבת שיתוף הפעולה הזה גם למערכות הגנה דומות על מסוקי תובלה.

125 שנה לטיסת ליליינטאל

המרכז הגרמני לחקר התעופה והחלל (DLR) ציין בתערוכה בברלין מלאת 125 שנה לתחילת טיסותיו של חלוץ התעופה הגרמני אוטו ליליינטאל, והציג שחזור מדויק של "הדאון הרגיל" שלו. כלי-הטיס המשוחזר נבנה על-ידי צוות של מוזיאון אוטו ליליינטאל בגרמניה לפי התוכניות המפורטות שהשאיר אחריו חלוץ התעופה הנודע.

ליליינטאל היה הראשון בעולם שביצע טיסות מאוישות בדאונים שתוכנו בגישה מדעית, לאחר שחקר באופן שיטתי את טיסת הציפורים – את ממצאיו פרסם בספר "טיסת ציפורים כבסיס לתעופה", שהופיע בשנת 1889 (קיים תרגום לאנגלית, שפורסם בארה"ב ב-2001). הוא זיהה לראשונה את יתרונות הכנף העקומה ועסק בייצור סדרתי של דאונים, שלפחות 9 מהם נמכרו בסוף המאה ה-19 לדואים ברחבי העולם.

ליליינטאל ביצע אלפי טיסות דאייה מוצלחות בכלי-הטיס שבנה, אך בסופו של דבר נהרג בתאונת טיסה שאירעה ב-9 באוגוסט 1896. הסיבות להתרסקות לא היו מובנות לחלוטין עד כה, והמרכז הגרמני לחקר התעופה והחלל ביקש לפתור את התעלומה.

הדאון המשוחזר, בעל מוטת כנף של 6.7 מטר, הוכנס לניסויים בנקבת-רוח גדולה בהולנד ונמדדו התכונות האווירודינמיות שלו. תוצאות הניסויים הוכיחו כי הדאון יציב מטבעו בזוויות התקפה קטנות, וכי הוא מתאפיין ביחס גלישה של 3.6. תוצאה זו מתאימה לעדויות ההיסטוריות, שציינו כי ליליינטאל טס למרחק



תערוכת הכטב"מים בניו־אורלינס 2-5 במאי 2016

מאפשר ליישם רעיונות הנדסיים נועזים שקשה מאוד לשלבם במטוסים מאוישים, והדבר אכן בא לידי ביטוי במוצגים שנראו בתערוכה. היצרנים מבינים, שמערכות המיועדות למפעיל אזרחי חייבות להיות קלות יותר להפעלה מאשר מערכות צבאיות. אי אפשר לצפות ממפעיל אזרחי שיסכים לפרוס מעוט פניאומטי כדי להזניק את הכטב"ם שלו לאוויר, ולטרוח לקלוט אותו בתום משימתו לאחר שירד באמצעות מצנח במיקום מרוחק. המשתמש האזרחי – וגם מפעילים צבאיים רבים – מעדיפים כלי-טיס שממריא ונוחת אנכית במיקום נקודתי.

בסיוורנו בין ביתני המציגים בתערוכה יכולנו להתרשם מהצלחתם של מהנדסים פוריים ליישם רעיונות יעילים להשגת יכולת המראה ונחיתה אנכית בכלי-טיס בגדלים שונים. במיוחד התלהבנו מהכלים המשלבים הנעה היברידית – ארבעה רוטורים קטנים מונעים חשמלית להמראה ונחיתה אנכית, יחד עם מנוע שריפה פנימית לטיסה אופקית, המאפשר לכלי-הטיס להשיג מהירות גבוהה יחסית וזמן שהייה ארוך באוויר.

הסקירה שלנו מתמקדת בכטב"מים ממריאים ונוחתים אנכית מהסוגים השונים שנראו בתערוכה – החל ממסוקים קונבנציונאליים, המשך בכלים בעלי הנעה היברידית, וכלה בכלים הממריאים אנכית כשהם ניצבים על זנבם ולאחר הטיפוס לגובה עוברים לטיסה אופקית רגילה. הוצג גם רעיון חריג במיוחד של כטב"ם המורם לאוויר על-ידי רחפן ומשוחרר בגובה לטיסה אופקית. בנוסף, אנו סוקרים שני כלים המתבססים על הנעה סולארית.

בתערוכה השתתפו יצרניות ממדינות שונות, ביניהן גם ישראל, ואנו מציינים את השתתפותן של התעשייה האווירית לישראל, אלביט מערכות, קונטרופ וסימלט.

הכנס השנתי והתערוכה שמקיימת האגודה הבינלאומית למערכות כלים בלתי מאוישים AUVSI, שמרכזה בארה"ב, עבר השנה מיתוג מחדש וכונה **Xponential** – לאור הגידול האקספוננציאלי בפעילות ובמכירות בתחום צומח זה, הן בארה"ב והן ברחבי העולם. האירוע נערך הפעם לראשונה במרכז הכנסים הגדול בעיר הדרומית ניו־אורלינס במדינת לואיזיאנה.

עורך "ביעף" השתתף בפעם השלישית באירוע השנתי הגדול של AUVSI – אחרי ביקורו בכנס ובתערוכה בדנוור שבקולוראדו באוגוסט 2010 ("ביעף" e114) ובוושינגטון הבירה באוגוסט 2013 ("ביעף" e126) – וגילה הפעם מציאות שונה לחלוטין. לאחר סיום המלחמות שניהלה ארה"ב בעיראק ובאפגניסטן, שבהן מילאו כטב"מים תפקיד חיוני, הצטמצם מאוד הביקוש לכטב"מים צבאיים חדשים בארה"ב והתעשיות פנו לחפש את עתידן המסחרי בתחום האזרחי. בהתאם למגמה זו, החברות שהציגו בתערוכה התמקדו במערכות קטנות יחסית המכוונות בעיקר לשימושים אזרחיים ומסחריים, דוגמת: ניטור צינורות דלק וגז טבעי, ניטור יבולים חקלאיים, סיוע באסונות טבע, מיפוי וסקירה, חיפוש משאבי טבע, צילום אתרי נדל"ן, שימושים משטרתיים, צילום סרטים וצילום אירועים חדשותיים.

בתחתית סולם המערכות נמצאים הרחפנים בעלי ארבעה, שישה או שמונה רוטורים המונעים חשמלית, אשר נמכרים כיום במספרים גדלים והולכים הן לחובבים והן למפעילים מקצועיים. בתערוכה הוצג מגוון רחב ביותר של רחפנים שגרתיים מכל הסוגים ובכל הגדלים, מתוצרת יצרנים אמריקנים, אירופים, סינים ואחרים.

אותנו עניינו מערכות מתוחכמות יותר, שבתוכן הושקעה מחשבה הנדסית חדשנית. תחום הכטב"מים

כטב"מים ממריאים ונוחתים אנכית – מסוקים



UMS Aero השוויצרית וחברת סאב השוודית איחדו כוחות בחדש פברואר השנה והקימו את החברה המשותפת UMS Skeldar, שמשווקת את המסוקים הבלתי מאוישים סקלדאר V-200 ו-R-350, ואת הכטב"מים קבועי-הכנף F-330 ו-F-720. ה-V-200, שפותח על-ידי סאב והוצג בתערוכות קודמות בעולם, ממריא במשקל מרבי של 235 ק"ג ונושא מטע"ד בן 40 ק"ג. ביכולתו לשהות באוויר יותר מחמש שעות ברדיוס של 90 ק"מ מתחנת הבקרה. המסוק בעל התצורה הקונבנציונאלית עם רוטור ראשי דו-להבי ורוטוב זנב לייצוב, מופעל בשירות צבאי על-ידי חיל הים הספרדי, ובשירות אזרחי על-ידי Nordic Unmanned בנורבגיה לניטור קווי אספקת חשמל.

החברה הגרמנית PowerVision הציגה את המסוק הבלתי מאויש הקטן DragonFly, שמתאפיין בתצורה בלתי שגרתית עם שני רוטורים ראשיים בקוטר 2.8 מטר הסובבים בכיוונים מנוגדים על צירים נפרדים, באופן שהלהבים נשזרים בעת סיבובם מבלי שיתנגשו (בדומה לאופן הפעולה של ה-K-MAX מתוצרת קאמאן).



הדרגונפלי מוצע לשימושים אזרחיים בשני דגמים: M35 עם מנוע בוכנה בן 20 כ"ס, הממריא במשקל מרבי של 75 ק"ג ונושא מטע"ד בן 35 ק"ג; או T50 עם מנוע טורבינה שמפתח הספק של 11 קילו-וואט, אשר מסוגל להמריא במשקל של 90 ק"ג עם כמות דלק מוגדלת ולשאת מטע"ד של עד 50 ק"ג. זמן השהייה המרבי באוויר של שני הדגמים מגיע לארבע שעות.



חברת הירובו היפנית, הידועה כיצרנית מובילה של טיסנים רוטוריים נהוגי-רדיו, חשפה את המסוק הבלתי מאויש הקטן HX-2, שמתאפיין בשני רוטורים בקוטר 2 מטר הסובבים בכיוונים מנוגדים על ציר משותף (קר-אקסילי). הכלי המונע חשמלית ממריא במשקל של 66 ק"ג עם מטע"ד תצפית אלקטרו-אופטי.



חברת סאיון האמריקנית מציעה את המסוק הבלתי מאויש הקטן SA-200 וויזל (סמור), המתאפיין ברוטור ראשי בקוטר 2.07 מטר וברוטור זנב משורוול (פנסטרון). משקלו הריק כ-32 ק"ג, וביכולתו להמריא במשקל מרבי של 54.4 ק"ג. זמן השהייה המרבי באוויר מגיע לשעתיים וחצי.

החברה משווקת גם מסוק חד-מושבי קונבנציונאלי המכונה SA-400 ג'קל (תן), שהותאם להסטה בלתי מאוישת. משקלו המרבי 544 ק"ג, וביכולתו לשאת מטע"ד במשקל 45 ק"ג. משך השהייה באוויר מגיע לשלוש שעות ויותר.

חברת יאמאהה היפנית משווקת מאז 1997 את המסוק הבלתי מאויש הקטן Rmax, המוצע למשימות של ריסוס חקלאי. ביכולתו לשאת שני מכלים עם 8 ליטר חומר ריסוס בכל מכל. לטענת החברה, היא סיפקה עד כה יותר מ-2,500 מסוקים כאלה, שצברו יותר משני מיליון שעות טיסה ביפן ובמדינות אחרות.



חברת רפרנס טכנולוג'יס האמריקנית הציגה את ההאמינגבריד (יונק הדבש) – כטב"ם ממריא ונוחת אנכית המתאפיין ביחידת הנעה מרכזית עם שני רוטורים משורוולים בקוטר 61 ס"מ הסובבים בכיוונים מנוגדים, ובנוסף שישה רוטורים משורוולים בקוטר 43 ס"מ בהיקף המאפשרים ניהוג לכל הכיוונים.

ההאמינגבריד ממריא במשקל מרבי של 55 ק"ג עם מטע"ד של כ-6 ק"ג. ביכולתו לשהות באוויר ארבע שעות ויותר.

יצרניו מיעדים אותו למשימות אזרחיות כמו ניטור גידולים חקלאיים, בדיקת מצב צינורות נפט וגז וקווי מתח, העברת חבילות קטנות, ומשימות תצפית שונות.

כטב"מים ממריאים ונוחתים אנכית – הנעה היברידית



חברת לטיטוד מטוסון בארזונה פיתחה שיטה פשוטה יחסית להענקת יכולת המראה ונחיתה אנכית לכטב"מים בעלי כנף קבועה. הדרך להשיג זאת היא על-ידי הצמדת שני מתלים אורכיים לכנפיים, שבקצותיהם ארבעה רוטורים המונעים חשמלית.

משמאל מוצג ה-HQ-60 של לטיטוד, המסוגל לשאת מטע"ד בן 3.6 עד 5.4 ק"ג ולשהות באוויר בין 12 ל-24 שעות.

למטה: הארקטורוס JUMP-20 שהותאם להמראה ונחיתה אנכית בשיטה של לטיטוד. כטב"ם זה סופק לאחרונה לחיל הים המקסיקני ומסוגל לשהות באוויר כ-15 שעות. למטה משמאל: ה-TerraHawk V של פניקס מערכות אוויריות שהותאם להמראה ונחיתה אנכית.

בתמונה התחונה: חברת DroneTech מסך אנטוניו בטקסס שכללה את השיטה עם שמונה רוטורים (מעל ומתחת למתלה). מוצעים שלושה דגמים של ה-AV-2 פליקן, במשקל המראה מרבי של 20 ק"ג, 25 ק"ג ו-32 ק"ג.



כטב"מים ממריאים ונוחתים אנכית – בעמידה על הזנב



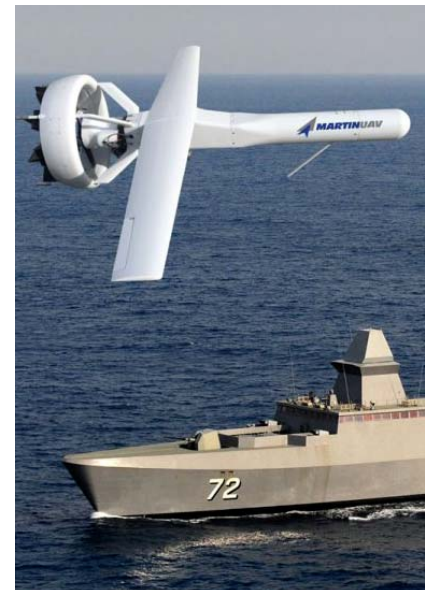
חברת סוויפט אינז'ינירינג מקליפורניה הציגה את הכטב"ם הקטן מדגם 020 המונע חשמלית (בתמונות העליונות משמאל), אשר ממריא אנכית כשהוא ניצב על זנבו ועובר בגובה לטיסה אופקית. המיני-כטב"ם בעל מוטת הכנפיים של 3 מטר שוקל 13.6 ק"ג עם מטע"ד של 1 ק"ג. ביכולתו לשהות באוויר יותר משעתיים, כשהוא טס בגבהים שבין 120 ל-460 מטר.



תשומת לב רבה בתערוכה משך הכטב"ם V-Bat שמפותח על-ידי חברת מארטין UAV מטקסס (בתמונות התחתונות). הכטב"ם ממריא אנכית כשהוא ניצב על זנבו, ועובר באופן אוטונומי לטיסה אופקית ברום שנקבע על-ידי הטיית המניפה המשווולת לשינוי כיוון וקטור הדחף. גם הנחיתה מתבצעת אנכית בצורה דומה.

הכטב"ם מונע באמצעות מנוע דו-פעמיתי המוזן בדלק כבד מתוצרת חברת היר' הגרמנית, ומפותח גם דגם בעל הנעה חשמלית. ה-V-Bat, שמוטת כנפו 2.74 מטר ואורכו 2.4 מטר, שוקל 34.5 ק"ג בהמראה עם מטע"ד במשקל של 2.3 ק"ג. ביכולתו לשהות באוויר יותר מ-8 שעות ולטוס ברום של עד 15,000 רגל (4,570 מטר).

ה-V-Bat, המתאים במיוחד לתפעול מספינות בים, מעורר עניין רב בחיל הים האמריקני, שבוחר את הדגם בעל ההנעה החשמלית.



כטב"מים ממריאים ונוחתים אנכית – הטיית הרוטורים



השיטה הפשוטה ביותר להשגת יכולת המראה ונחיתה אנכית בכטב"מים קטנים בעלי הנעה חשמלית היא על-ידי הטיית הרוטורים כלפי מעלה. שתי דוגמאות לפתרון זה שהוצגו בתערוכה נראות בתמונות משמאל.

החברה הגרמנית קוואנטום סיסטמס הציגה את ה-Tron בעל מוטת כנף של 3.5 מטר, הממריא במשקל מרבי של 13 ק"ג עם מטע"ד בן 2 ק"ג, ויכול לשהות באוויר עד שלוש שעות.

החברה האמריקנית אוטל רובוטיקס הציגה את הקסטל בעל התצורה הדומה, המתאפיין במשקל המראה של 14 ק"ג עם מטע"ד בן 2 ק"ג, וזמן שהייה באוויר בין 1.2 ל-2 שעות.



(ראוי להזכיר, כי שיטת הטיית הרוטורים יושמה על-ידי התעשייה האווירית לישראל כבר בשנת 2010 בכטב"מים ברדלס ומיני-ברדלס – ראה "ביעף" e114 עמ' 4).

כטב"מים ממריאים ונוחתים אנכית – בעזרת רחפן



Insitu, החברה-הבת של בואינג לפיתוח וייצור כטב"מים, מפתחת שיטה יוצאת דופן להענקת יכולת המראה אנכית לכטב"ם הקטן ScanEagle, במקום השימוש במעוט קרקעי – הנפה על-ידי רחפן גדול יחסית בעל שמונה רוטורים המצויד בארבע רגליים. הרחפן יעלה את ה-ScanEagle שמשקלו 22 ק"ג לגובה, יעבור לטיסה אופקית (בתמונה למעלה) וישחרר את הכטב"ם לטיסה עצמאית. טיסות ניסוי של המערכת כבר החלו, ואספקה סדרתית ללקוחות צפויה בשנה הבאה.



כטב"מים בעלי הנעה סולארית-חשמלית

ממעוט קרקעי ונוחת באמצעות מצנח. ביכולתו לשהות באוויר חמש שעות ויותר, ולטוס בגבהים שבין 75 מטר ל-6,000 מטר במהירות שיוט של כ-50 ק"מ/ש', כשהוא שקט לחלוטין. בתחילת מאי הדגים **הבז השקט** בנייר-מקסיקו משימת ניטור של מתקני הפקת נפט וגז טבעי וצינורות הולכה באמצעות מטע"ד אלקטרו-אופטי שהעביר שידורי וידאו רציפים ברזולוציה גבוהה. במשימה נוספת לגילוי דליפות נשא **הבז השקט** מטע"ד וידאו תת-אדום מיוחד. הטיסות בוצעו מעל אזורים נרחבים שבהם נמצאים בארות הפקה, מדחסים, חוות מכלים וצינורות, והצילומים הועברו בזמן אמת לתחנת הבקרה הקרקעית.

במשקל 20 ק"ג – פי ארבע ממשקל המטע"ד שיישא **הזפיר 8** – ולשהות באוויר במשך חודשים רצופים.

הבז השקט

חברת הזנק מאלבוקרקי בניו-מקסיקו בשם **Silent Falcon UAS Technologies** פיתחה בשנים האחרונות כטב"ם קטן בעל מערכת הנעה סולארית-חשמלית, שמוצע למגוון משימות אזרחיות. **לבז השקט** כנף בעלת מוטת של 4.4 מטר, המכוסה ברובה בתאים פוטו-אלקטריים המפיקים אנרגיה חשמלית מקרינת השמש. הכטב"ם שמשקלו 14.5 ק"ג מוזנק

זפיר – כטב"ם תחליף ללוויין

משרד ההגנה הבריטי הזמין בחודש פברואר השנה מחטיבת ההגנה והחלל של קבוצת **איירבאס** שני כטב"מים סולאריים מסוג **זפיר 8** במחיר של 13 מיליון לירות שטרלינג, המיועדים לשמש כתחליף ללוויינים קטנים. **הזפיר 8** (שנראה בצیור למעלה) ישייט ברום של כ-65,000 רגל (19.8 ק"מ) לתקופות של עד חודש ימים ויוכל לשמש למעקב מתמיד על אזור נרחב או כממסר תקשורת.

רעיון **הזפיר** הסולארי פותח במקורו בחברת **קינטיק (QinetiQ)** הבריטית, והפרויקט נמכר לקבוצת **איירבאס** במארס 2013.

את ההתקדמות שחלה בפרויקט בשנים האחרונות סקר פול ברוקס, מנהל הפיתוח העסקי של התוכנית ב**איירבאס הגנה וחלל**, ביום הראשון של כנס Xponential בניו-אורלינס.

ברוקס הזכיר את ההישג חסר התקדים של **הזפיר 7** ביולי 2010, ששהה באוויר במשך 336 שעות ו-22 דקות (14 ימים) ברציפות, והגיע לרום מרבי של 70,740 רגל (21,560 מטר), ובכך הציב שיאי עולם לכטב"מים. בשנת 2014 השיג **הזפיר 7** שהייה רצופה של 11 ימים באוויר בתנאי חורף תובעניים יותר.

בזפיר 8 הוגדלה מוטת הכנף מ-22.5 מטר ל-25 מטר, הכטב"ם קל יותר ב-30% ויוכל לשאת 50% יותר מצברים. יעילות מערכת ההנעה הסולארית שופרה ב-10% ללא הגדלת משקל, כאשר הפנלים הסולאריים מפיקים אנרגיה חשמלית ביעילות של 28%.

ברוקס הדגיש, כי שיפורים אלה יאפשרו ל**זפיר 8** לטוס בשעות הלילה מעל זרם הסילון באטמוספירה, במהירות גבוהה יותר מהרוח – דבר שלא הושג ב**זפיר 7**.

הטיסה המתמידה ברום של כ-20 ק"מ תאפשר ל**זפיר 8** להסתפק במטע"ד צילום הרבה יותר קל מן הנדרש ללוויין המקיף את כדור-הארץ במסלול בגובה 600 ק"מ. לדברי ברוקס, יחס המשקלים הוא 1:900.

הזפיר 8 כבר נמצא בבנייה במפעל בפארנבורו, וצפוי לטוס לראשונה באמצע 2017. במקביל עוסקת קבוצת הפרויקט ב**איירבאס** בפיתוח דגם גדול יותר המכונה **זפיר T**, שצפוי לטוס ב-2018. דגם זה, שיתאפיין במוטת כנף מוגדלת ובשני זנבות, יוכל לשאת מטע"ד



הכטב"ם הסולארי-חשמלי הקטן **Silent Falcon (בז שקט)** מוזנק ממעוט קרקעי פשוט.



תצוגת החברות הישראליות



בביתן התע"א הוצגה גם הפלטפורמה המרחפת HoverLite מתוצרת החברה הישראלית Sky Sapience (ראה "ביעף" e126 עמ' 6), שאותה מסייעת התע"א לשווק בעולם.



התעשייה האווירית לישראל הציגה מבחר מטע"דים ומכ"מים, את המיני-קטב"ם ArrowLite שפותח בשלוחה האמריקנית שלה סטארק איירוספייס (ראה "ביעף" e130 עמ' 10), ודגם מוקטן של ההרון 1.



החברה הובת של אלביט מערכות בארה"ב הציגה דגם משופר של המיני-קטב"ם סקיילארק 1 (משמאל), עם שינויים בולטים לעומת רוכב שמיים הצה"ל. המטע"ד מותקן בתחתית הגוף, במקום בחרטום. לכלי-הטיס שלוש רגליים הנפרסות בעת הנחיתה (בתמונה למטה), במקום ההנחתה באמצעות מצנח על כרית אוויר מתנפחת. משולב בו מנוע חשמלי עוצמתי יותר עם מדחף תלת-להבי.



חברת סימלט הדגימה בתערוכה מאמן הסטה מתקדם להכשרת מפעילי קטב"מים בתחנות בקרה קרקעיות.



חברת קונטרופ, הנמצאת בבעלות משותפת של רפאל ואירונאוטיקס, הציגה את מבחר המטע"דים האלקטרו-אופטיים שהיא מייצרת.



מוזיאון התעופה בסיאטל

הרוסית סויוז 14, שהטיסה אנשי צוות לתחנת החלל הבינלאומית ב-2009, ומוצגים נוספים. למוזיאון יש שלוחה בשדה התעופה פיין (Paine) באוורט, צפונית לסיאטל, שבה מבוצעות עבודות השיפוץ והשיקום של מטוסים היסטוריים לפני הבאתם לתצוגה בגלריות. בעת ביקורנו שם בסוף אפריל עסקו בשיקום אב-טיפוס הראשון של מטוס המנהלים הסילוני לוקהיד CL-329 ג'סטאר, המסוק פיאסצקי H-21B ("הבננה המעופפת") שהופעל בחיל האוויר האמריקני, והדאון הדומשבי פראט ריד PR-G1 שנבנה בשנת 1942 כדאון אימונים עבור חיל הים האמריקני (הדגם הצבאי סומן LNE-1).

במרכז השיקום מוצגים מטוסים שלא נמצא להם עדיין מקום במוזיאון הראשי, ביניהם: לירג'ט 23 משנת 1965; מטוס הנוסעים הסילוני דה-הוילנד DH-106 קומט 4C שהופעל בשנות ה-60 בחברת מקסיקה, אשר שוקם מבחוץ ומבפנים; חרטום וגוף קדמי בקנה מידה מלא של מטוס הנוסעים העל-קולי בואינג 2707, שפותח במחצית השנייה של שנות ה-60 ולבסוף בוטל; טילורקראפט דגם A משנת 1938; מטוס הסיור הצבאי ססנה O-2A שהופעל על-ידי חיל האוויר האמריקני במלחמת וייטנאם; מטוס הקרב הימי קורסייר שיוצר בתקופת מלחמת העולם השנייה על-ידי חברת גודייר; וכן שני דאונים נדירים.

מטוסים שהופעלו בחילות האוויר והים של ארה"ב, בריטניה, גרמניה, יפן ורוסיה. בקומה שמעליה נמצאת גלריית מלחמת העולם הראשונה, ובה 18 מטוסים איטלקיים, אמריקניים, בריטיים, גרמניים וצרפתיים (רובם משוחזרים).

מחוץ לבנייני המוזיאון חונים בשלב הנוכחי חמישה מטוסים – שלושה מהם מתוצרת בואינג (727, 247D ו-137B-VC), וכן לוקהיד סופר קונסטליישן ומטוס גלאסייר קל.

ב-25 ביוני השנה (כחודשים אחרי ביקורנו במוזיאון) נפתח לקהל מתחם תצוגה מקורה נרחב, שבו כ-15 כלי-טיס, הכוללים מטוסי נוסעים גדולים, מפציצים ומגוון מטוסים צבאיים. בין המוצגים האזרחיים הבולטים: אב-טיפוס של הבואינג 737 (מהתקופה שהופעל כמטוס ניסוי בנאס"א), הבואינג 747 הראשון, אב-טיפוס השלישי של הבואינג 787, קונקורד שהופעל בבריטיש איירווייס, ו-DC-2 בצבעי חברת התעופה TWA. בין המוצגים הצבאיים בולטים שלושה מפציצים אסטרטגיים מתוצרת בואינג – B-29, B-17F ו-WB-47E, ושישה מטוסי לחימה של חיל הים האמריקני וחיל הנחתים.

בגלריית החלל, שנחנכה בסוף 2012, מוצג דגם בקנה מידה מלא של גוף מעבורת החלל, ששימש לאימון אסטרונאוטים ביוסטון שבטקסס. עוד ניתן לראות שם את החללית

המוזיאון בסיאטל נחשב לאחד ממוזיאוני התעופה היפים והמעניינים בארה"ב, אשר מתאפיין במגמת התפתחות וגידול מתמידים. מאז חנוכתו במיקום הנוכחי בשנת 1987. המוזיאון ממוקם בשדה התעופה של מחוז קינג, דרומית לעיר סיאטל, הנקרא שדה בואינג על שמו של מייסד החברה וויליאם (ביל) בואינג. מוצגים בו כיום קרוב ל-100 כלי-טיס שונים בתוך גלריות ובמרחב הפתוח.

כיה למוזיאון הממוקם בסמוך למרכז פעילותה של חברת בואינג, החוגגת עתה מאה שנים לקיומה, המוזיאון מרכז אוסף נכבד של מטוסים מההיסטוריה של היצרנית האמריקנית המובילה והחברות שרכשו על-ידיה במהלך השנים (סטירמן, דוגלאס, מקדונל ועוד).

רובו של האוסף ההיסטורי מוצג בגלריה הגדולה, בתוך בניין נרחב בגובה שש קומות המוקף בחלונות זכוכית. מוצגים בו כיום כ-50 כלי-טיס מראשית ימי התעופה ועד המחצית השנייה של המאה ה-20, הכוללים מטוסים, מסוקים, דאונים, כטב"מים, טילי שיוט וכלים מיוחדים. בין המוצגים החשובים ביותר מבחינה היסטורית ראוי לציין את שחזור המטוס הראשון של בואינג מ-1916 שסומן B&W, מטוסי בואינג, סטירמן וסטינסון משנות ה-20 וה-30, מכונת מעופפת מ-1968 ועוד.

בבניין סמוך שנחנך ב-2004 מוקמה גלריה המוקדשת למלחמת העולם השנייה, ובה עשרה

המוצג הבולט ביותר בגלריה הראשית הוא הלוקהיד בלקבירד M-21 (בתחתית התמונה) שיוצר ב-1963 – דגם מיוחד של ה-A-12 ששייט במאך 3 בגובה רב, אשר הותאם לשמש כספינת-אם לשיגור כלי-הטיס הבלתי מאויש D-21B, שנישא על גבו. מעליו נראה אב-טיפוס של הלייר פאן LF-2100 הדורמונעי בעל המדחף האחורי, שנבנה מחומרים מרוכבים וטס לראשונה בינואר 1981. מאחור תלי דוגלאס DC-3 שיוצר ב-1940, אשר הופעל על-ידי אלסקה איירליינס אחרי מלחמת העולם השנייה.



מטוסים מתוצרת בואינג



משפחת מטוסי הקרב מדגם 100 פותחה על-ידי בואינג ב-1928 וזכתה להצלחה רבה, כאשר המטוסים עבור הצבא סומנו P-12 ואלה עבור הצי סומנו F4B. זהו מטוס מקורי ששימש לניסויי טיסה של מנועי P&W.



שחזור שנבנה ב-1966 של המטוס הראשון של בואינג. המטוס הימי על מצופים, שכונה B&W על שם של ויליאם בואינג ושותפו קונרד וסטרוולט, טס לראשונה ב-15 ביוני 1916.



בואינג דגם 40B: המטוס הראשון מדגם 40 להטסת דואר בדרך האוויר נבנה על-ידי בואינג בשנת 1925. בהמשך פותח הדגם המשופר 40A, שאפשר נשיאת שני נוסעים בנוסף לשקי הדואר, והחברה זכתה במכרז להטסת דואר משיקאגו לסן פרנסיסקו. בדגמים מאוחרים יותר ניתן היה לשאת ארבעה נוסעים בנוסף לדואר.

הדגם 40B המוצג הוא שחזור שנבנה על-ידי חברת סנצ'ורי אוויאיישן ממדינת וושינגטון, ונוסף לתצוגה בבלריה הראשית באוקטובר 2007.

בואינג דגם 80A-1: מטוס תלת-מנועי לתובלת 18 נוסעים, שהופעל משנת 1929 עד 1934 על-ידי חברת התעופה בואינג אייר טרנספורט (BAT). ב-1940 הפך למטוס תובלת מטענים באלסקה. לאחר מלחמת העולם השנייה נזנח המטוס בשדה תעופה. ב-1960 הוא חולץ ממגרש הגרוטאות, הובא לסייטל ושוקם לתצוגה. זהו המטוס היחיד שנותר בעולם מסדרת דגם 80.

מתחתיו נראה שחזור של מטוס הקרב בואינג P-26 משנות ה-30.



מוזיאון התעופה בסיאטל



למעלה: הבואינג 247D מ-1934 נחשב בזמנו למטוס הנוסעים המודרני הראשון ושירת ביעילות את יונייטד אייר ליינס.

משמאל: הבואינג B-17F של המוזיאון יוצר בסיאטל ב-1943. זהו המבצר המעופף האחרון מדגם F שנתר בכושר טיסה.

למטה: הבואינג VC-137B הוא דגם מיוחד של ה-707-120 ששימש מ-1959 כמטוס "חיל האוויר אחד" להטסת הנשיאים אייזנהאואר וקנדי. נותר בשירות עד 1996.

בתמונה התחתונה: הבואינג 727 הראשון, שיוצר ב-1963, הופעל שנים רבות בחברת יונייטד איירליינס. הגיע למוזיאון במארס השנה אחרי ששופץ במרכז השיקום באורט.



מטוסי מלחמת העולם הראשונה



למעלה: קאפרוני Ca.20 מקורי מ-1914, שנשמר 85 שנים במנזר באיטליה לפני שהובא לארה"ב. נחשב למטוס הקרב הראשון בעולם.



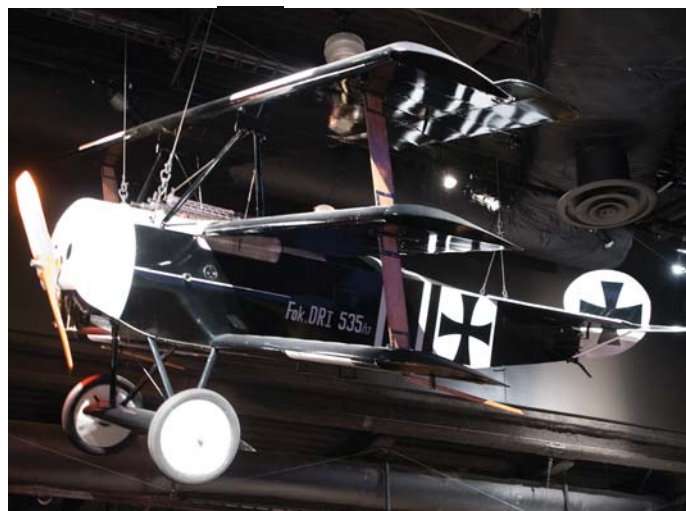
פוקר D.VIII גרמני מ-1918 ששוחזר בשנות ה-60.



אלבטרוס D.Va גרמני מ-1917 (משוחזר).



למעלה: טאובה גרמני משוחזר שנבנה בארה"ב ב-1984 עם מנוע מרצדס D.IIIa מקורי. למטה: אוויאטיק D.I אוסטרו-הונגרי מקורי מ-1917.



למעלה: פוקר Dr.I תלת-כנפי גרמני מ-1917, ששוחזר בארה"ב בשנות ה-70. למטה: פפאלץ D.XII גרמני מקורי מ-1918, שהובא לארה"ב אחרי המלחמה.



מטוסי קרב ממלחמת העולם השנייה



לוקהיד P-38L לייטנינג – מטוס קרב דו-מנועי ארוך-טווח שיוצר בארה"ב ב-1944. אחרי המלחמה הופעל בחילות האוויר של הרפובליקה הדומיניקנית, קובה והונדוראס במרכז אמריקה. הוחזר לארה"ב ב-1987.

נורת' אמריקן P-51D מוסטנג – במוזיאון טוענים כי זהו מטוס שהופעל בחיל האוויר הישראלי, אחד מ-25 המוסטנגים שנרכשו על-ידי ישראל ב-1952 משוודיה. זהותו המדויקת אינה ידועה, כי לא נמצאה עליו תווית היצרן. ידוע כי שני מוסטנגים ישראליים הובאו לארה"ב בסוף שנות ה-70.

המוסטנג המשופץ מוצג בצבעי ובסימולי מטוסו של לוטננט-קולונל גלן איגלסטון, מפקד טייסת הקרב האמריקנית ה-353 בקבוצת הקרב ה-354, שפעלה מצרפת בתחילת 1945.



נאקאג'ימה Ki-43-IIIa היאבוסה – מטוס הקרב היפני בעל כושר התמרון הטוב ביותר, שיוצר במספרים גדולים מסוף 1941 עד 1945. המטוס המשוחזר משלב חלקים מארבעה מטוסי Ki-43 שנמצאו בשנות ה-90' באי היפני שומשו. בנייתו הושלמה ב-2008 על-ידי חברת גוסהוק מאריזונה.

יאקובלב Yak-9U – מטוס קרב רוסי מעולה, שיוצר במספרים גדולים מאוד החל משנת 1942. המטוס המוצג נבנה ב-1945 וזנח אחרי המלחמה בסיביר. הובא לארה"ב ב-1995 לאחר ששוקם במוסקבה.

מאחוריו נראה ריפאבליק P-47D תאנדרבולט – אחד ממטוסי הקרב האמריקנים המוצלחים ביותר במלחמת העולם השנייה, שנבנה במספרים גדולים יותר מהמוסטנג. המטוס המוצג שירת אחרי המלחמה בבוליביה, הוחזר לארה"ב ב-1976 ושיקומו הושלם ב-1981.



מוזיאון התעופה בסיאטל



במתחם החדש שנפתח לקהל ב-25 ביוני: מטוס הנוסעים העל-קולי קונקורד (למעלה); הבואינג 747 הראשון, DC-2 של TWA ובואינג WB-47E (למטה).



בגלריית החלל: דגם בקנה מידה מלא של גוף מעבורת החלל (משמאל) והחללית הרוסית סויוז 14 (למטה).



מרכז השיקום

בשלוחת המוזיאון בשדה פיין באורט עוסקים כיום בשיקום דאון האימונים פראט ריד PR-G1 של חיל הים האמריקני, והמסוק פיאסצקי H-21B ("הבנה המעופפת") שהופעל בחיל האוויר האמריקני.

ממעל תלוי הדאון הצ'וסלובקי LF-107 לונאק.





(דוגמטוסים), נכללת בספר סקירה על קיטים של ה-Mi-6 וה-Mi-26 שקיימים בשוק, עם צילומים של דוגמטוסים שנבנו מהקיטים האלה.

זהו העשירי בסדרה של ספרים באותה מתכנת המכונים FlightCraft. חמישה ספרים קודמים בסדרה הוקדשו למטוסים ומסוקים סובייטיים/רוסיים, והשאר למטוסים בריטיים. פרטים באתר: www.pen-and-sword.co.uk

Apache Over Libya, by Will Laidlaw
Pen & Sword Books, U.K., 2016

490 עמודים. המחיר: 19.99 ליש"ט.



צבא היבשה הבריטי קלט בתחילת שנות ה-2000 שישים ושבעה מסוקי אפאצ'י מדגם WAH-64D, אשר יוצרו במפעלי אגוסטה-ליוויסטלנד עם מנועים מתוצרת רולס-רויס-טורבומקה (בניגוד למסוקים האמריקניים המקוריים של

בואינג, שמצוידים במנועי ג'נרל אלקטריק T700). מסוקי האפאצ'י הבריטיים הוצבו בשש טייסות מבצעיות, והופעלו במלחמה באפגניסטן החל משנת 2006.

במקור, הבריטים רצו לרכוש מסוקי אפאצ'י גם עבור חיל הנחתים המלכותי להפעלה מנושאות מסוקים בים, אך תוכנית זו בוטלה בגלל קיצוצים תקציביים. במקום זאת הוחלט, כי טייסת 656 של צבא היבשה תפתח לעצמה יכולת פעולה בים. הניסיונות החלו בשנת 2004, אך התוכנית הופסקה בגלל צורכי המלחמה באפגניסטן.

התוכנית להפעלה ימית של מסוקי האפאצ'י חזרה לסדר היום בשנת 2011, ומפקד הטייסת החדש אז, וויל ליידלו, נדרש להתחיל באימונים על נושאת המסוקים Ocean של הצי המלכותי. בעיצומם של האימונים האלה פרץ המשבר בלוב, ובריטניה הצטרפה לכוחות נאט"ו שתקפו מהאוויר מטרות של משטר קדאפי בלוב. ליידלו נדרש להתארגן במהירות לפעילות המבצעית, ובאמצעות חמשת מסוקי האפאצ'י שעמדו לרשותו ביצע 48 משימות תקיפה מוצלחות בקיץ 2011. במשימות אלה תקפו המסוקים הבריטיים 116 מטרות באמצעות 99 טילי הלפירי ו-4,800 פגזי תותחים בקוטר 30 מ"מ.

בספרו המרתק מתאר מפקד הטייסת ליידלו את פעילותו להתאמת מסוקי האפאצ'י להפעלה מנושאת מסוקים בים, פיתוח השיטות הנדרשות ואימון הטייסים לפעילות התובענית בתנאי הים. בהמשך הוא מתאר בפירוט רב את מבצעי התקיפה בלוב. למרות פעילותם המבצעית בלילות חשוכים, באזורים מוגנים היטב על-ידי טילי כתף נגד מטוסים ותותחי נ"מ מונחמיכ"ם, הצליחו עשרת טייסי האפאצ'י הבריטים לשרוד את המבצע ללא אבדות – הישג ראוי לציון.

השימושים מתייחסים להפעלת הכטב"ם כפלטפורמה מוטסת לנשיאת מצלמות ליום וללילה, או מכ"ם קטן, או סורק בקרינה תת-אדומה או לייזר, למשימות דוגמת צילום מהאוויר, מיפוי, סקירת שטחים קרקעיים, ניטור תשתיות, ניטור גידולים חקלאיים, גילוי אוצרות טבע, פיקוח על בעלי חיים בסביבתם הטבעית, התרעה על שריפות וסיוע בלחימה באש, משימות משטרתיות וביטחון פנים, סיוע במקרי אסון ועוד. בנוסף מוזכרות משימות של ממסר קשר, לוגיסטיקה והעברת חבילות, ועוד. המחבר מייחס חשיבות גם לשימושים מחקריים שונים, וכאמצעי לקירוב תלמידים וסטודנטים לתחומי הטכנולוגיה והמדע.

זהו ספר מקיף מאוד, כתוב היטב על-ידי מומחה הבקי מאוד בנושאים שהוא מכסה, שכל עוסק בתחום מרתק זה או החפץ להיכנס לתחום ימצא בו עניין רב.

Mil Mi-6/-26 Heavy-Lift Helicopters

by Yefim Gordon and Dmitry Komissarov
Pen & Sword Books, U.K., 2016

96 עמודים בכריכה רכה. המחיר: 16.99 ליש"ט.



יפים גורדון הליטאי-רוסי מתעד זה ותר מרבע מאה בפירוט רב את תעשיית המטוסים בברית-המועצות וברוסיה. הוא פרסם עד כה יותר ממאה ספרים, שרובם תורגמו לאנגלית על-ידי שותפו לדרך דמיטרי קומיסרוב.

בשנים עברו סקרנו רבים מספריו של גורדון והתלהבנו מהפירוט הרב שנכלל בהם ומהמידע האמין שלב נחשף קודם.

לאחרונה הואיל הוצאת Pen & Sword הבריטית לשלוח לנו לסקירה את ספרם החדש של גורדון וקומיסרוב על מסוקי התובלה הכבדים של מיל. דגמים ראשונים של ה-Mi-6 הופיעו בסוף שנות ה-50 והציבו שיאי עולם בכושר נשיאה לגובה ובמהירות למסוקים. 874 מסוקי Mi-6 יוצרו עד 1980 והופעלו בהצלחה רבה במשימות צבאיות ושימושים אזרחיים. לאור הצורך שהתעורר במסוק בעל כושר נשיאה גדול יותר, פיתח משרד התיכון מיל את ה-Mi-26, שביצע ריחוף ראשון בדצמבר 1976. המסוק החדש נכנס לייצור סדרתי בסוף 1977, ודגמים מתקדמים שלו עדיין מיוצרים כיום (עד כה סופקו יותר מ-300 מסוקי Mi-26).

הספר הדק יחסית מתאר בתמציתיות את תולדות הפיתוח של המסוקים, הדגמים השונים שנבנו, הפעלתם המבצעית ברחבי העולם ושימושים אזרחיים שנעשו בהם. מובא גם תיאור של תכונות המסוק, מערכותיו וביצועיו. הספר מלווה בעשרות תמונות טובות בשחור-לבן ובצבעים, שרטוטי מבטים ופרופילים צבעוניים בסכמות צביעה שונות. לטובת בוני דגמי מטוסים בקנה מידה קטן

Civil and Commercial Unmanned Aircraft Systems

by Jay Gundlach
AIAA, U.S.A., 2016

490 עמודים. המחיר: 99.95 דולר.

בשנים האחרונות מורגשת מגמה של גידול ניכר בזמינותם של כטב"מים לא-צבאיים ושימוש בהם למטרות אזרחיות ומסחריות, כפי שגילינו גם בתערוכה בניו-ארלינס, אותה אנו סוקרים בגיליון זה. הופעת מגוון כה רחב של כטב"מים מסוגים שונים מתאפשרת בזכות ההתקדמות הטכנולוגית שחלה בעשור האחרון, והוזלת מחירים בהשוואה למערכות הצבאיות מאפשרת את הרחבת השימוש בהם בתחומים אזרחיים.

האגודה האמריקנית למדעי התעופה והחלל (AIAA) פרסמה לאחרונה, במסגרת הסדרה החינוכית שלה, ספר מקיף המתאר את השימושים הרבים האפשריים בכלי-טיס בלתי מאוישים למטרות אזרחיות, מסחריות, מדעיות, לימודיות, ואף להנאה בשעות הפנאי. המחבר, ד"ר ג'יי גונדלאך, הוא מומחה ידוע בתחום הכטב"מים, שעבד בחברות אורורה מדעי טיסה ואינסיטו. לפני שנים ספורות פרסמה AIAA ספר קודם שלו בתחום זה, שהוקדש לתכן מערכת כלי-טיס בלתי מאוישים.

בהקדמה לספרו החדש סוקר ד"ר גונדלאך את המגמות שהביאו לגידול בתפוצת הכטב"מים בקרב ארגונים אזרחיים ומסחריים ובקרב קהל הצרכנים הכללי. הוא מעריך שמגמה זו תלך ותגבר בשנים הבאות, במיוחד אם רשות התעופה הפדראלית בארה"ב (FAA) תסדיר את שילוב הכטב"מים במרחב האווירי המפוקח ותקל בדרישות מהמפעילים – מגמה שכבר החלה ונמצאת בעיצומה. בהמשך סוקר המחבר את סוגי הכטב"מים הקיימים בקטגוריות השונות, ומסביר את עקרונות הפעולה של המטע"דים השונים. פרק נוסף מוקדש להיבטים כלכליים ועסקיים בתפעול כטב"מים. 15 הפרקים הבאים בספר מתארים את תחומי השימוש המגוונים בכטב"מים. רוב

